

Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis Blastability Index dengan Perhitungan RL Ash Combine Vertical Energy Distribution (VED) Untuk Mendapatkan Target Fragmentasi Ideal Pada Penambangan Batu Kapur Di Area 15.15 PT Semen Padang, Bukit Karang Putih Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

Muhammad Fadel^{1*}, and Kopa Raimon^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*fm98919@gmail.com

**raimon_unp@ft.unp.ac.id

Abstract. In blasting activities, there are several indicators of the success of the blasting itself, including the achievement of production targets and the ideal size of fragmentation set by the company. To get the production target and the size of the good fragmentation, the role of blasting geometry is an important parameter that needs to be considered. Determination of blasting geometry starting from burden, spacing, column length, stemming, level height, subdrilling, and depth of blast hole as well as powder factor which is designed to pay attention to the characteristics of rock mass and energy distribution of the explosives used. Based on the observations that the author made at PT. Semen Padang in the 15.15 area, the author saw several blasts resulting in rock fragmentation categorized as boulder (>80 cm) of almost 30%. Whereas the expected target is a maximum fragmentation size of 80 cm so that the blasted limestone can pass through the crusher. Apart from that, several cracks were found from the blasting results so that the excavator's digging time and cycle time became longer and the productivity of the equipment decreased and resulted in the production target not being achieved. To get the size of the fragmentation that the company expects and the production target can be achieved, then the design of the blasting geometry is carried out which is studied based on the analysis of the blastability index of rocks with the calculation of the RL Ash combine method with the Vertical Energy Distribution (VED) method to determine the contents. Based on the design of RL Ash, the burden is 4 m; 5 m spacing; depth of 10.5 m ; level height 9.5 m; subdrill 1 m and powder factor 0.36 kg/m³. From the Vertical Energy Distribution design, there are five recommendations they are VED 66%, VED 70%, VED 73%, VED 75% and VED 77%. From five the geometric design so the authors choose 70% VED with 7.3 m high stuffing and 3.2 m stemming with fragmentation prediction did not pass the size of 80 cm according to Kuzram 1.2% and 5.1% according to the split-desktop prediction.

Keyword : Fragmentation, Blastability index, Blasting Geometri, RL Ash, VED

1. Pendahuluan

PT Semen Padang merupakan suatu usaha pertambangan dengan metode penambangan quarry dimana proses penambangan dimulai dengan melakukan *land clearing*, kemudian dilanjutkan dengan pengeboran lubang ledak untuk proses peledakan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan. Batu kapur yang telah di *blasting* selanjutnya akan di muat oleh excavator dan dipindahkan oleh dump truck ke crusher.

Dalam proses peledakan ada beberapa macam indikator keberhasilan dari peledakan itu sendiri, antara lain tercapainya target produksi peledakan dan ukuran fragmentasi yang baik. Untuk mendapatkan target produksi dan ukuran fargmentasi yang baik tersebut

maka peran geometri peledakan menjadi parameter penting yang perlu di perhatikan. Penentuan geometri peledakan mulai dari burden, spasi, panjang kolom isian, stemming, tinggi jenjang, subdrilling, dan kedalaman lubang ledak serta *powder factor* yang dirancang harus memperhatikan karakteristik massa batuan dan distribusi energy bahan peledak yang digunakan dalam kegiatan peledakan^[1].

Berdasarkan pengamatan yang penulis lakukan di PT. Semen Padang di area 15.15, penulis melihat beberapa peledakan menghasilkan fragmentasi batuan yang dikategorikan *boulder* (>80 cm) hamper 30%. Padahal target yang diharapkan yaitu maksimal ukuran fragmentasi 80 cm agar batu kapur yang diledakan dapat

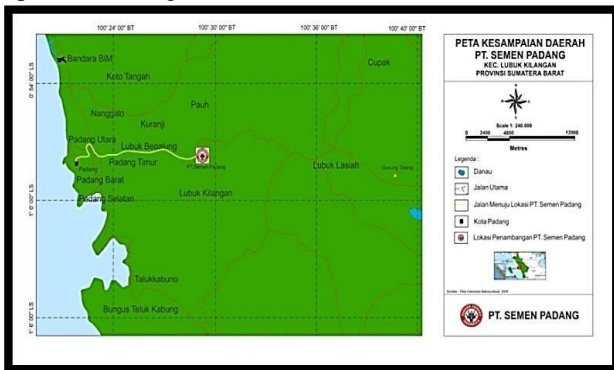
melewati crusher. Selain dari itu juga ditemukan retakan dari hasil peledakan sehingga digging time excavator menjadi lama dan produktivitas alat menurun serta mengakibatkan target produksi tidak tercapai.

Untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang diharapkan perusahaan dan target produksi tercapai, maka dari itu pentingnya dilakukan perancangan geometri peledakan yang dikaji berdasarkan analisis blastability index batuan dengan dibantu perhitungan metode RL Ash combine metode *Vertical Energy Distribution* (VED) untuk menentukan isianya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi Penelitian

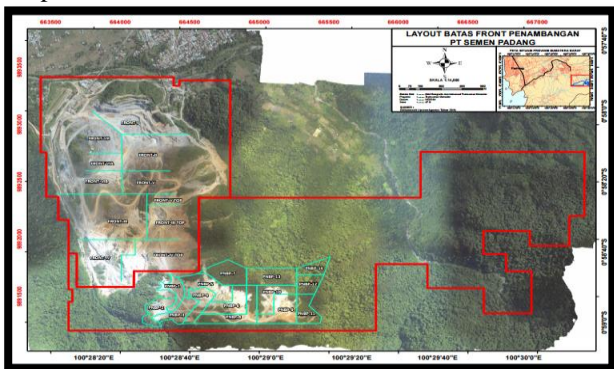
Lokasi tambang PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih, Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat ± 15 KM di sebelah Timur Kota Padang secara administrasi termasuk dalam Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat dengan ketinggian lebih kurang 200 mdpl. Secara geografis terletak pada 10 04' 30" LS sampai 10 06' 30" LS dan 100 15' 30" BT sampai 100 10' 30" BT. Lokasi penelitian dapat dicapai dari kota Padang lewat jalan darat beraspal dengan kendaraan roda empat sampai di lokasi kantor operasi tambang.



Sumber : Arsip Perusahaan PT Semen Padang

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada Area 15.15 yang terletak pada ketinggian lebih kurang 600 – 700 Mdpl.



Sumber: PT. Semen Padang (2019)

Gambar 2. Area Penambangan Batukapur Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

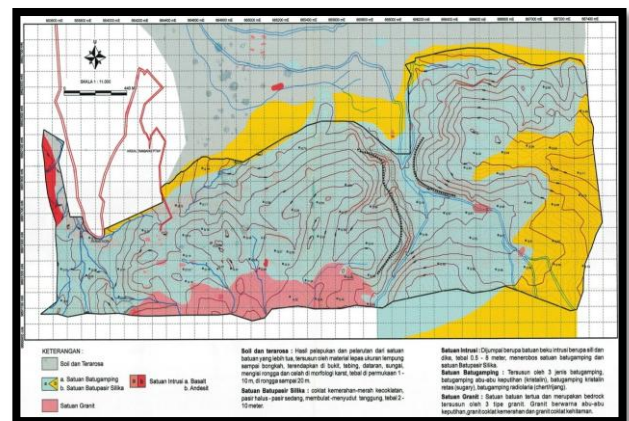
2.2 Keadaan Struktur Geologi

2.2.1. Keadaan Geologi dan Morfologi

Secara umum daerah kawasan penambangan PT. Semen Padang merupakan daerah perbukitan bergelombang hingga sangat terjal. Kemiringan lerengnya berkisar 10% hingga lebih dari 85%, dengan ketinggian dari 225 m hingga 720 m dari permukaan air laut. Keadaan geologi daerah ini merupakan bukit yang sangat terjal dengan sudut lereng alami mencapai 45⁰. Bukit Karang Putih pada umumnya ditempati oleh batukapur (*limestone*) dengan terobosan batuan beku (basalt, andesit, granit). Lapisan batu kapur terletak di atas batuan endapan *vulkanik* dengan ketebalan 100m - 350m.

Morfologi Bukit Karang Putih terbagi dua unit morfologi, yaitu morfologi perbukitan terjal dan morfologi lembah. Morfologi perbukitan terjal menempati bagian Utara Tengah, Timur dan Selatan daerah penambangan. Morfologi ini mempunyai pegunungan berarah Barat-Laut Tenggara dan Timur-Barat dan mempunyai puncak yang landai ke arah utara dan puncak yang terjal serta ber *relief* kasar kearah Selatan. Morfologi ini berada pada ketinggian antara 262-525 m diatas permukaan laut, dan dibatasi oleh lereng yang terjal di bagian Utara, Barat, Timur dan Selatan dengan sudut berkisar antara 45⁰-75⁰.

Morfologi lembah terletak dibagian barat dari penambangan, memanjang kearah Barat Laut-Tenggara, searah dengan pegunungan perbukitan dan arah aliran sungai. Morfologi ini berada pada ketinggian 250-400 mdpl. Peta Geologi PT. Semen Padang dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



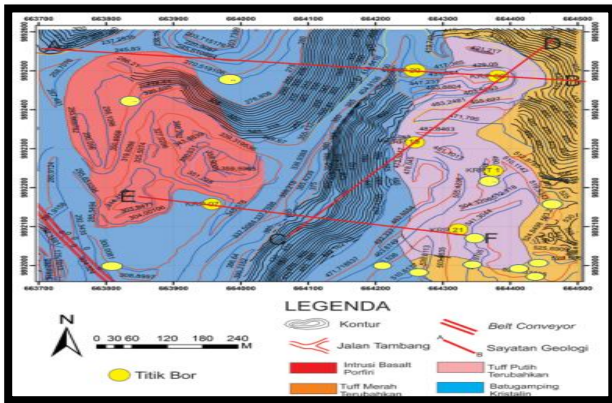
Sumber: PT. Semen Padang (2019)

Gambar 3. Peta Geologi Wilayah Penambangan PT Semen Padang

2.2.2 Litologi

Secara umum litologi penyusun satuan batuan di lokasi tambang PT. Semen Padang didominasi oleh batuan rijang (*chert*), sekisan (*filit*), batu sabak dan konglomerat yang hanya tersingkap pada alur Sungai Batang Idas arah ke hulu. PT. Semen Padang melakukan

pemetaan litologi dan korelasi log bor yang dapat dilihat seperti Gambar 4 dibawah ini.



Sumber : PT.Semen Padang (2019)
Gambar 4. Litologi dan Korelasi Log bor

Berdasarkan pemetaan litologi dan korelasi log bor batuan di atas, maka dapat diinterpretasikan bahwa tufa terubahkan memiliki ketebalan yang tidak terlalu besar, sedangkan batugamping memiliki ketebalan yang besar. Oleh karena itu dalam perencanaan penambangan maka dapat diinterpretasikan bahwa batugamping yang berada di bawah tufa dari segi kedudukan batuan memiliki potensi dan prospek untuk dilakukan penambangan sebagai salah satu bahan baku semen.

2.2.3 Pengertian Peledakan

Peledakan merupakan kegiatan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak untuk memberai tanah penutup, membongkar batuan padat atau material berharga atau endapan bijih yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang cocok untuk dikerjakan dalam proses produksi berikutnya^[2]. Karena sifat material dilokasi Penambangan PT. Semen Padang tergolong keras, maka dilakukan kegiatan peledakan untuk membongkar materialnya sebelum kegiatan loading dilakukan.

2.2.4 Geometri Peledakan RL Ash

2.2.4.1 Burden

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan.. Untuk menentukan burden, R.L. Ash (1967) mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standard^[3].

$$Af1 = \frac{(Dstd)^{\frac{1}{3}}}{D} \dots\dots\dots(1)$$

$$Af2 = \left(\frac{SG \times (Ve)^2}{SGstd \times (Vestd)^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(2)$$

$$Kb_{terkoreksi} = Kb_{standar} \times Af1 \times Af2 \dots\dots\dots(3)$$

$$B = \frac{Kb \times De}{12} ft \dots\dots\dots(4)$$

$$B = \frac{Kb \times De}{39.3} m \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- Af1 = *Adjustment Factor* untuk batuan yang diledakkan
- Af2 = *Adjustment Factor* untuk handak yang dipakai
- De = Diameter lubang ledak (inch).
- Kb_{std} = Burden ratio standar (30).
- SG = *Spesific gravity* bahan peledak yang dipakai.
- Ve = Kecepatan ledak bahan peledak yang dipakai (ft/s).
- SG_{std} = *Spesific Gravity* bahan peledak standar (1,20).
- Ve_{std} = Kecepatan ledak bahan peledak standar (12000 Ft/s).

Hubungan kedalaman lubang ledak dengan burden adalah sebagai berikut:

$$H = Kh \times B \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- H = Kedalaman lubang bor (m)
- Kh = Hoe depth ratio (1,5 – 4)
- B = Burden (m)

2.2.4.1 Panjang kolom isian

Panjang kolom isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang stemming.

$$PC = H - T \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

- PC = Panjang kolom isian (m)
- H = Kedalaman lubang ledak (m)
- T = Stemming (m)

2.2.5 Fragmentasi

2.2.5.1 Analisa Fragmentasi dengan Metode Kuz-Ram

Tingkat fragmentasi batuan merupakan tingkat pecahan material dalam tertentu sebagai hasil dari proses peledakan. Untuk memperkirakan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan secara teori dapat digunakan persamaan Kuznetsov (1973), sebagai berikut^[4]:

$$X = A \times [] 0,8 \times Q0,17 \times (E / 115) - 0,63 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

- X = Rata-rata ukuran fragmentasi (cm)
- A = Faktor batuan (Rock Factor)
- V = Volume batuan yang terbongkar (m³)
- Q = Jumlah bahan peledak ANFO (kg) pada setiap lubang ledak

E = *Relative Weight Strenght* bahan peledak, untuk ANFO 100

2.2.5.2 *Analisa Fragmentasi dengan Image Analysis pada Split Desktop*

Split Desktop Computer Program 2.0 adalah salah satu program komputer untuk menganalisis distribusi ukuran fragmen-fragmen batuan hasil peledakan dengan menganalisa gambar. Gambar dapat dimasukkan langsung dari foto digital, gambar hasil scanning dan capture dari rekaman video. Sebelum menjalankan program split desktop, gambar yang akan dihitung dimasukkan ke dalam komputer yang dapat dilakukan dengan download atau digitasi gambar^[5].

2.2.6 *Analisis Blastability Index*

Indeks Blastabilitas (1986) dari Lilly dihasilkan dari pengamatannya bahwa input kemampuledakan biasanya berjumlah agregat dari perkiraan operator dan konsultan yang melaksanakan tugas kemampuledakan. Salah satu data masukan untuk model Kuz-Ram adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampuledakan atau *blastibility index* (BI). Sistem BI memungkinkan untuk pemeriksaan informasi Geoteknik yang menghasilkan engineer yang dapat memperkirakan karakteristik in-situ dari massa batuan; dan dengan demikian, kesempatan untuk perkiraan respon dari massa batu yang dapat dilihat pada energi peledakan^[6].

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 *moh's hardness* (H). Parameter-parameter tersebut kenyataannya sangat bervariasi. Hubungan antara kelima parameter tersebut dijadikan persamaan berikut:

$$BI = 0.5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \dots\dots(9)$$

2.2.7 *Keterkungkungan Energi / Relative Confinement (RC) dan Vertical Energy Distribution (VED).*

Bahan peledak yang terdapat didalam lubang ledak harus memiliki energi yang cukup agar dapat mendorong material yang akan dibongkar pada sekitar area lubang ledak. Pada kondisi lubang ledak yang basah diperlukan material *stemming* yang lebih banyak dan akan lebih baik menggunakan material hasil *crusher* untuk menghasilkan energi keterkungkungan yang lebih baik.

Penentuan *stemming* berdasarkan keterkungkungan relatif (RC) dari isian bahan peledak selain dengan menggunakan persentase dari dimensi burden. Nilai dari RC ini menunjukkan seberapa kuat stemming yang digunakan untuk menahan tekanan gas yang dihasilkan oleh bahan peledak dan sangat bergantung kepada kondisi setempat seperti geologi disekitar bagian atas

dari lubang tembak. Penentuan nilai *Relative Confinement* (RC) didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RC = \frac{(T \times 210.000) + (d \times 600)}{(ABS \times d)} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

- d = Diameter lubang ledak, (mm)
- T = Panjang stemming (m)
- ABS = Energi isian dari kekuatan volume absolut (J/cc)

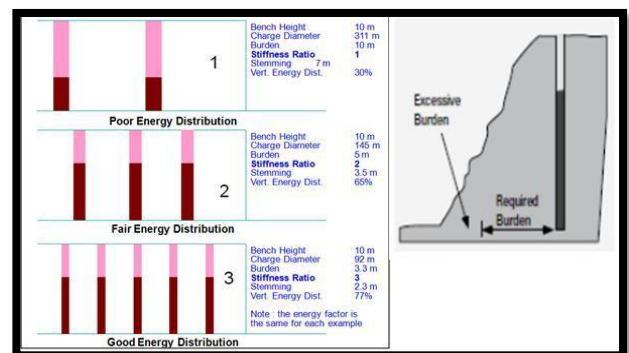
Secara umumnya, nilai RC harus lebih besar dari pada 1,4 untuk mencegah lolosnya energi ataupun gas yang berlebihan yang dapat menyebabkan potensi batu terbang (*flyrock*). Selain itu, perlu juga diperhatikan mengenai *Vertical Energy Distribution* (VED) yang merupakan energi yang dihasilkan dari proses peledakan yang dapat didistribusikan secara vertikal dalam massa batuan^[7]. Nilai VED didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$VED = \frac{PC}{H} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- VED = *Vertical Energy Distribution*
- PC = *Powder Charging* atau Panjang Isian
- H = Tinggi Jenjang

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 6 dibawah ini.



Sumber : forum blaster indonesia

Gambar 5. Hubungan *Stiffness Ratio* terhadap VED

Vertical Energy Distribution akan menghitung persentase energi yang dilepaskan vertikal ke arah atas yang berpotensi menyebabkan *Stemming Ejection* melalui perbandingan tinggi jenjang dan panjang stemming. Secara teoritis, kegiatan peledakan yang baik memiliki nilai RC lebih dari 1,4 dan VED kurang dari 80%.

3 Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis lakukan yaitu penelitian terapan. Jenis penelitian ini disebut juga *Applied Research*. Penelitian terapan merupakan jenis penelitian menekankan akan penerapan ilmu – ilmu teoritis dalam penyelesaian masalah di lapangan. Menurut Yusuf (2005), penelitian terapan adalah penelitian yang lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu (Industri, usaha dll). Penelitian ini merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian – penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.^[8]

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah teknik observasi dan pengambilan data secara langsung di lapangan. Urutan pengumpulan data adalah sebagai berikut:

3.2.1 Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap laporan penelitian sebelumnya maupun buku-buku penunjang yang berhubungan dengan pelaksanaan kegiatan penelitian

3.2.2 Observasi Lapangan

Kegiatan observasi lapangan meliputi survey kondisi struktur geologi pada lokasi penelitian, geometri peledakan, fragmentasi batuan, *diggability* dan *cycle time* Excavator.

3.2.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer (sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya, hasil observasi dengan objek, kejadian atau hasil pengujian. Data primer berupa (a) Hasil pengujian laboratorium sifat fisik dan mekanik batuan, dimana batuan pada area penelitian diambil dan diuji pada laboratorium teknik pertambangan UNP, (b) pembobotan massa batuan (*blastibility 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, (c) foto fragmentasi batuan, (d) data peledakan (burden, spasi, dan kedalaman lubang ledak).

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang di peroleh melalui media perantara atau tidak

secara langsung berupa blast map, *inventory blasting map*, peta topografi, geologi, situasi, IUPK, data curah hujan, data lithologi

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data.

4 Hasil dan Pembahasan

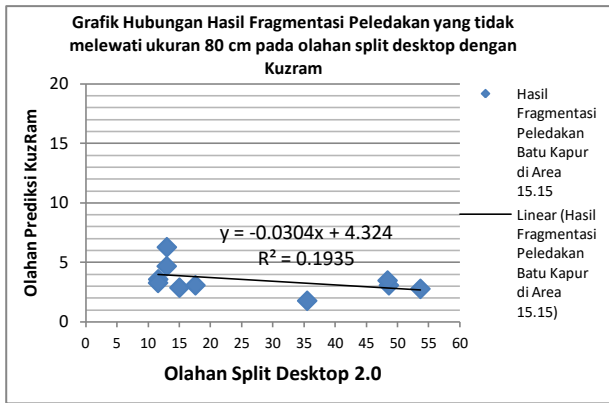
4.1 Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual

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. ada pengambilan foto digunakan helm safety sebagai skala (acuan) yang berdiameter 27 cm, berikut adalah rata-rata fragmentasi peledakan aktual.

Tabel 1. Fragmentasi Peledakan Aktual

Hasil Fragmentasi Peledakan Batu Kapur di Area 15.15					
NO	Jadwal	Olahan Split Desktop		Olahan Kuz Ram	
		Lolos 80 cm (%)	Tidak lolos 80 cm (%)	Lolos 80 cm (%)	Tidak lolos 80 cm (%)
1	09/02/2021	84.98	15.02	97.1	2.9
2	12/02/2021	88.39	11.61	96.4	3.6
3	15/02/2021	64.49	35.51	98.2	1.8
4	16/02/2021	51.38	48.62	96.9	3.1
5	20/02/2021	87	13	93.7	6.3
6	25/02/2021	46,32	53,68	97.2	2.8
7	02/03/2021	88.39	11.59	96.7	3.3
8	04/03/2021	51.59	48.41	96.5	5.5
9	05/03/2021	82.41	17.59	96,9	3.1
10	06/03/2021	87.02	12.98	95.3	4.7
Max		88.41	48.62	97.1	6.3
Min		46.42	11.59	92.2	1.8
rata-rata		73.19	26.81	96.3	3.7

Dari tabel 5 diatas didapatkan nilai rata-rata persentase material tidak lolos 80 cm yaitu sebesar 26,81 % berdasarkan olahan split desktop dan 3,5 % berdasarkan olahan Kuzram. Selanjutnya dilakukan perbandingan antara dua nilai tersebut melalui grafik persamaan garis pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Grafik Persamaan Garis

Nilai perbandingan ini nantinya akan dikaitkan dengan hasil fragmentasi dari geometri yang direkomendasikan untuk mendapatkan prediksi fragmentasi split desktop 2.0.

4.2 Digging Time dan Cycle Time Alat Gali Muat dari Hasil Peledakan Aktual

Cycle time merupakan total waktu pada alat gali muat, yang dimulai dari pengisian bucket sampai dengan menumpahkan muatan ke dalam alat angkut dan kembali kosong. Digging time adalah waktu yang digunakan oleh alat gali muat untuk menggaru material yang akan dipindahkan. Digging time merupakan bagian dari cycle time yang dapat menjadi salah satu acuan menentukan produktivitas dari alat gali muat. Adapun pengamatan langsung pada penggalian dan pemuatan material hasil peledakan aktual oleh alat gali muat, penulis melakukan pengambilan data cycle time dan digging time dari excavator CAT 6030 adalah pada table dibawah ini:

Tabel 2. Digging Time dan Cycle Time Excavator Cat 6030 Di Area 15.15

Peledakan Ke	Waktu	Diging Time Rata-rata (detik)	Cycle Time Rata-rata (detik)
1	09/02/2021	18.15	38.3
2	12/02/ 2021	18.15	38.11
3	15/02/ 2021	18.48	38.19
4	16/02/2021	18.29	38
5	20/02/ 2021	18.08	38.66
6	25/02/ 2021	19.14	39.53
7	02/02 2021	20.14	40.9
8	04 /02/2021	19.96	40.86
9	05/02/2021	18.9	40.41
10	06/02/2021	19.1	41.53
Total		188.43	394.39
Rata-rata		18.14	39.44

4.3 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

4.3.1 Uji Sifat Fisik

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat isi/bobot isi batuan, bobot isi jenuh, bobot isi

kering, berat jenis semu, berat jenis asli. Dari hasil pengujian laboratorium sifat fisik batuan didapatkan data seperti terlihat pada tabel 4

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Uji Sifat Fisik Batuan

Sampel Batuan	Berat isi asli (gr/cm3)	Berat isi jenuh (gr/cm3)	Berat isi kering (gr/cm3)	Berat jenis semu
1	2.35	2.39	2.22	2.22
2	2.02	2.05	1.97	1.97
3	2.65	2.67	2.40	2.40
4	2.43	2.46	2.25	2.25
5	2.40	2.43	2.29	2.29
Jumlah	11.85	12	11,13	11,13
Rata-rata	2.37	2.4	2.22	2.22

4.3.2 Uji Sifat Mekanik

Nilai kuat tekan batuan dilakukan berdasarkan uji Unconfined Compressive Strength Test (UCS) pada sampel batuan. Uji UCS dilakukan pada sampel batuan, dimana batuan tersebut merupakan sebagai material penyusun dari lokasi penelitian. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3 berikut

Tabel 4. Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian Sifat Mekanik			
Sampel Batuan	Dimensi		σc (Mpa)
	D (cm)	H (cm)	
1	5,1	11	25,47
2	5,1	11	24,16
3	5,1	11	26,87
Rata-rata			25,56

4.4 Perhitungan Parameter Blastability Index

4.4.1 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 dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \dots\dots\dots(12)$$

λ adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang scanline (kekar/meter). Perhitungan RQD pada lampiran F, hasil perhitungan nilai RQD untuk setiap kemajuan pada lokasi penelitian dapat dijelaskan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai RQD Lereng

Scanline Ke-	RQD (%)
1	98.87
2	98.54
3	98.48
4	98.67
Rata-rata	98.64

Dari hasil mapping geoteknik dan pengolahan data RQD yang telah dilakukan diperoleh nilai RQD rata – rata sebesar 98,64%. Dengan RQD tersebut di klasifikasikan kualitas batunya *Hard and Intact* dengan bobot 50 berdasarkan klasifikasi tabel diatas.

4.4.2 *Joint Plane Spacing (JPS)*

JPS adalah jarak tegak lurus antar dua bidang lemah yang berurutan/jarak antar bidang lemah. Hasil perhitungan rata-rata nilai jarak antar bidang lemah untuk daerah penelitian pada Tabel 6 berikut.

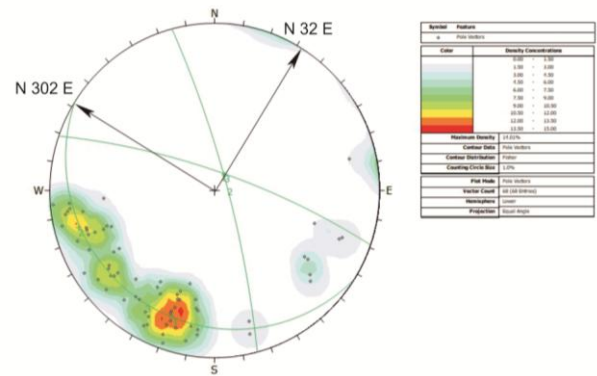
Tabel 6. Nilai Spasi Kekar Pada Masing-Masing Scanline

Scanline ke -	Rata-rata Spasi Kekar (meter)
1	0,63
2	0,55
3	0,54
4	0,58
Rata-rata	0,57

Dari pengukuran spasi kekar pada *scanline* di lereng 15.15 di dapatkan rata-rata spasi kekar 0,57 m sehingga diklasifikasikan jarak kekar *intermediate* (0,1 m - 1 m) dengan bobot 20.

4.4.3 *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. Untuk hasil analisis orientasi kekar pada area 15.15 PT. Semen Padang didapatkan proyeksi kekar seperti pada gambar 7. Dari hasil proyeksi streonet terdapat adanya 2 family kekar yaitu dengan nilai strike dan dip 289/77 dan 345/81 dengan arah umum kekar yang di dapat adalah sebesar N302E dengan arah freeface peledakan N32E.



Gambar 7. Proyeksi arah freeface

Kondisi tersebut memiliki pembobotan 40 yang merupakan pembobotan paling tinggi *Joint Plane Orientation*

4.4.4 *Specific Gravity Influence (SGI)*

Specific gravity influence adalah sifat batuan yang terkait berat jenis dan porositas. Berikut adalah hasil perhitungan *Specific gravity influence* (SGI) = (25 x SG) – 50 = (25 x 2,37) – 50 = 9,25

4.4.5 *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 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 H &= 1,36 \times \ln(\text{UCS}) - 0,84 \\
 &= 1,36 \times \ln(25,56) - 0,84 \\
 &= 3,76
 \end{aligned}$$

4.4.6 *Indeks Kemampuledakan atau Blastability Index*

Pembobotan *Blastability index* pada lokasi peledakan ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter geomekanika sebagai berikut yang terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai *Blastability Index* Pada Lokasi Penelitian

Parameter Geomekanika	Keterangan	Pembobotan
RMD	Totally Masive	50
JPS	Intermediate	20
JPO	Dip into face	40
SGI	-	9,25
Hardness	UCS	3,76
Jumlah		123,01
BI	0,5 (RMD+JPS+JPO+SGI+H)	61,50
A	0,12 x BI	7,38

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

Dari hasil perhitungan didapatkanlah beberapa rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash dan rekomendasi isian bahan peledak dengan perhitungan VED yang bisa memperbaiki hasil fragmentasi peledakan dan material keras hasil peledakan seperti tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Rekomendasi Geometri dan Hasil Prediksi Fragmentasi Peledakan

Rekomendasi Geometri dan Hasil Prediksi Fragmentasi Peledakan								
NO	Parameter		Geometri Peledakan					Satuan
			Rekomendasi Berdasarkan VED					
			66%	70%	73%	75%	77%	
1	Geometri Peledakan							
	a	Burden (B)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	meter
	b	Spasi (s)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	meter
	c	Tinggi Jenjang (H)	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	meter
	d	Kedalaman (L)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	meter
	e.	Subdrill (J)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	meter
	f	Stemming (T)	3,6	3,2	2,9	2,7	2,5	meter
	g	Powder Column(PC)	6,9	7,3	7,6	7,8	8,0	meter
	h	Loading density(De)	9,42	9,42	9,42	9,42	9,42	kg/m
	l	Volume (Vo)	188	188	188	188	188	m ³
	J	Berat total isian(Q)	65	68,8	71,6	73,5	75,4	Kg/lbng
	k	Powder Factor (PF)	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	kg/m ³
2	Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasarkan Rumus KUZ-RAM dan Prediksi Split Desktop 2.0							
	A	Prediksi Persentase fragmentasi peledakan ukuran boulder (R80) Kuzram	1,4	1,2	2,2	1	2,2	%
	B +	Prediksi Persentase fragmentasi peledakan ukuran boulder (R80) split desktop	10,6	9,1	15,7	7,6	15,7	%

Berdasarkan tabel 8 di atas, maka dipilihlah salah satu dari kelima rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di uji cobakan atau diterapkan dilapangan dimana untuk penerapan dilapangan penulis mengusulkan rekomendasi ketiga dengan VED 70% hal ini dikarenakan nilai stemmingnya 3,2 atau 0,8 dari burden sehingga secara teori mampu untuk menghasilkan peledakan yang optimal, hal ini juga

sejalan dengan prediksi fragmentasi hasil peledakan ukuran boulder yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 1,2% dari olahan kuzram dan 9,1% dari prediksi split desktop, sehingga akan berdampak baik terhadap peningkatan produktivitas alat gali muat.

4.7 Analisis Tingkat Keterkungkungan Energi Peledakan (Relative Confinement) dan Distribusi Vertikal (Vertical Energy Distribution)

Tingkat keterkungkungan relative (RC) merupakan nilai yang menunjukkan seberapa kuat stemming yang dipakai untuk menahan tekanan gas hasil peledakan dalam kolom peledakan. Sementara vertical energy distribution akan menghitung persentase energy yang dilepaskan vertical kearah atas yang berpotensi menyebabkan stemming ejection melalui perbandingan tinggi jenjang dan panjang stemming. Secara teoritis, kegiatan peledakan yang baik memiliki nilai TC Lebih dari 1,4 dan VED Kurang 80%.

Pada kegiatan peledakan yang dilakukan di PT. Semen Padang menggunakan cutting hasil pemboran batugamping. Pada gambar 9 dapat dilihat nilai Relative Confinement pada setiap rekomendasi geometri peledakan dengan nilai rata-rata 2,99.

Tabel 9. Hubungan Nilai VED dengan RC

Rekomendasi	Nilai VED (%)	Nilai RC	RC Minimal
1	66	2,6	1.4
2	70	2,3	1.4
3	73	2,1	1.4
4	75	2,0	1.4
5	77	1,8	1.4
Rata-rata	72.2	2.99	1.4

Pada 5 rekomendasi geometri peledakan berdasarkan Analisis Perhitungan RL ash combine VED, tidak terdapat nilai Relative Confinement yang melebihi batas nilai minimum, yaitu 1,4. Dari pengamatan langsung dilapangan juga membuktikan bahwa stemming mampu mengurung energy peledakan dengan baik. Kecuali dalam beberapa kasus dimana terdapat rongga dalam lubang ledak sehingga stemming tidak dapat memenuhi kolom pada lubang ledak sehingga tidak termampatkan dengan sempurna.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

- Berikut adalah nilai karakteristik massa batuan aktual, geometri aktual dan fragmentasi aktual :
 - Karakteristik massa batuan aktual pada area peledakan didapatkan Rock Quality Design rata-rata 98 %. Pengujian laboratorium terdiri dari pengujian sifat fisik dan mekanik, dimana sifat fisik didapatkan bobot isi asli 2,37 gr/cm³;

bobot isi jenuh $2,4 \text{ gr/cm}^3$; bobot isi kering $2,72 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis semu $2,72$. Sedangkan pengujian mekanik dilakukan dengan pengujian UCS yang didapatkan dengan nilai $25,56 \text{ Mpa}$.

- b. Geometri aktual didapatkan burden $4,55 \text{ meter}$; spasi $5,5 \text{ meter}$; stemming $3,5 \text{ meter}$; kedalaman $10,5 \text{ meter}$; tinggi jenjang $9,5 \text{ meter}$; isian $6,5 \text{ meter}$; subdrill 1 meter dan powder factor $0,23 \text{ kg/m}^3$.
 - c. Fragmentasi aktual yang tidak lolos crusher ukuran 80 cm $26,81\%$ berdasarkan olahan split desktop dan $3,7\%$ dari olahan prediksi Kuzram.
2. Parameter indeks kemampusedakan (*blastability index*) adalah sebagai berikut:
 - a. *Rock Mass Description* (mendapatkan gambaran dari massa batuan dengan mencari Rock quality design, dengan nilai rata-rata. Nilai tersebut dapat mengklasifikasikan penggambaran batuan yang didapatkan pada semua area penelitian *Hard and Intact* dengan bobot 50
 - b. *Joint plane spacing* (jarak spasi antar kekar) yang didapatkan intermediate $0,1 - 1 \text{ m}$ dengan bobot 20.
 - c. *Joint plane orientation* yaitu orientasi bidang lemah pada massa batuan adalah *Dip into Face* (orientasi bidang ke arah pit) didapatkan bobot 40
 - d. *Specific gravity influence* (SGI) didapatkan dengan nilai $9,25$
 - e. *Hardness* memakai *Unconfined Compressive Strength Test* (UCS), sehingga didapatkan kekerasan batuan $3,76$
 3. Pembobotan blastability indeks digunakan dengan rumus $BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$, sehingga didapatkan nilai BI $61,50$
 4. Rekomendasi geometri peledakan menggunakan Teori RL.Ash karena mempertimbangkan nilai factor batuan dan untuk *Charging Sheet* berdasarkan analisis blastability index dan perhitungan metode VED diperoleh rancangan geometri peledakan masing-masing lapisan, dengan nilai faktor batuan $7,38$ direkomendasikan burden 4 m , spasi 5 m , stemming $3,2 \text{ m}$, Powder Column $7,3 \text{ m}$, Loading density $9,42 \text{ kg/m}$, berat total $68,8 \text{ kg/lubang}$ dan powder faktor $0,36 \text{ kg/m}^3$ serta untuk isian bahan peledak menggunakan VED 70% . Untuk analisis prediksi fragmentasi hasil peledakan menggunakan teori Kuz-ram dimana didapatkan fragmentasi $>80 \text{ cm}$ yaitu $1,2\%$ dan prediksi split desktop $9,1\%$.
 5. Untuk analisis prediksi fragmentasi hasil peledakan menggunakan teori Kuz-ram dimana didapatkan

fragmentasi yang tertahan $>80 \text{ cm}$ yaitu $1,2\%$ dan prediksi split desktop $5,1\%$.

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]. Koesnaryo. S., (2001). Teori Peledakan. Bandung : PPPTMB
- [2]. Bhandari, Sushil. Engineering Rock Blasting peration. India : Department of Mine Engineer J.N.V University Jodhpur. (1997).
- [3]. Ash, R. L. "Mechanics of rock breakage; material properties, powder factor, blasting costs." Pit and Quarry,(Nov. 1963) (1963): 109-111.
- [4]. Cunningham, Claude. "The Kuz-Ram Model for production of fragmentation from blasting." Proc. 1st Symp. on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea. 1983.
- [5]. Anonim, (2013), "Split Desktop 3.1", <http://www.spliteng.com/splitdesktop/>. diakses tanggal 5 juli 2021.
- [6]. Lilly, PETER A. "An empirical method of assessing rock mass blastability." The Aus (1986).
- [7]. Jhonson, D.2011. Effects of confinement and initiation delay on fragmentation and waste rock compaction. Lulea University of Techonology: Mining and Geotechnical Engineering.
- [8]. Yusuf, Muhammad.2005."Pokok Pokok Materi Statistik". Penerbit Bumi Aksara: Jakarta
- [9]. Rinaldo, R.,Heriyadi, B.,& Prabowo, H.(2018). Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota , Sumatera Barat. Bina Tambang,3(3), 1163-1173.
- [10]. Prabowo, H.(2012).Pengaruh Intrusi Basalt Terhadap Komposisi Kimia dan Kualitas Batugamping Bukit Karang Putih PT Semen Padang.
- [11]. Dian, M., & Prabowo, H.(2020).Produktivitas Pemboran Inpit pada Bukit Everest 9N2/TB.19005,9N2/TB. 19001,9N2/TB. 19002 dan 9N2/TB. 19004 di PT. ANTAM Tbk. UBPN SULTRA. Bina Tambang, 5(2), 56-52.