

Evaluasi Pengaruh Penggunaan Jenis Material, dan Ukuran Kedalaman *Stemming* Dalam Kegiatan Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi, *Cost*, Dan *Recovery Blasting* Di PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat.

Fitrya Monica*, Dedi Yulhendra^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*fitrya.monica@gmail.com

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract. At PT. Koto Alam Sejahtera still found fragmentation of boulder ≥ 50 cm, when using drill cutting, it was found that the boulder was 32.1% on average, so it did not match the target $\leq 15\%$. When using 1-2 cm of split stone stemming material, it produces an average boulder ≥ 50 cm of 3,1 %. The use of 1-2 cm split stone stemming material results in a fragmentation size, better recovery compared to the result of using drill cutting stemming material, but the use of 1-2 cm split stone stemming material requires additional costs for the purchase of stemming material and in each stemming depth measurement. used to produce different fragmentation sizes. The blasting recovery target was not achieved in July, which was only 72.4% from 90%. The purpose of this study was to determine the effect of stemming depth and use of stemming material on stemming performance on the results of the distribution of fragmentation, costs and blasting recovery. The research method was carried out using stemming depth measuring 1.6 m, 1.7 m, and 1.8 m which will be tested using 2 types of stemming material, namely cutting drill and 1-2 cm split rock material. To recommend the selection with R.L Ash theory, 4 proposed depth measurements were obtained, so that the appropriate stemming depth measurement was 1.6 m. And the use of stemming material is based on actual blasting results using drill cuttings and 1-2 cm split stones. Because the result of 1-2 cm split stone blasting is better but requires additional costs for the purchase of stemming material, the mixing of the two materials is done to reduce the purchase cost, so a 65% split stone mixture is used and drill cutting 35%. The results of the recommendations using the stemming depth measure and the use of stemming mixture materials resulted in more optimal blasting with an average boulder percent of the two trial activities analyzed using a split desktop resulting in a boulder > 50 cm of 0%. The average recovery value obtained was 90.7% and reduced blasting operation costs to \$ 12.956114 / hole.

Keywords: Stemming length, drill cuttings, crushed aggregate (1-2 cm split stone), rock fragmentation, cost, blasting recovery

1 Pendahuluan

PT. Koto Alam Sejahtera merupakan perusahaan dibidang industri pertambangan dan pengolahan batu andesit, yang menghasilkan produk batu andesit yang akan dijadikan bahan utama pembuatan jalan tol. Lokasi unit penambangan PT. Koto Alam Sejahtera terletak di Jorong Palung Duo, Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatra Barat. Penambangan batu andesit dilakukan dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*), menggunakan metode penambangan *Quary*.

Dalam kegiatan penambangan dengan karakteristik batuan yang keras, maka diperlukan kegiatan peledakan yang bertujuan untuk membraikan batuan dari batuan induknya, agar mendapatkan fragmentasi yang seragam dan sesuai dengan target fragmentasi yang diharapkan oleh perusahaan sehingga hal ini dapat memudahkan dalam kegiatan penambangan selanjutnya. Apabila hasil fragmentasi peledakan tidak sesuai, dan terjadinya ketidak sempurnaan ukuran berupa terbentuknya ukuran bongkahan batuan (*boulder*) maka akan menjadi hambatan pada proses selanjutnya seperti terkendala pada proses pengangkutan, dan proses pengecilan ukuran

(pengcrusheran) batu andesit, serta apabila dilakukan kegiatan *secondary blasting* maka akan menambah biaya peledakan. Hal ini membuktikan bahwa ukuran fragmentasi yang tidak seragam merupakan masalah besar yang dapat merugikan baik dari segi material, segi efisiensi kerja, maupun dari segi keekonomisan.

Pada awalnya untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang baik, dan hasil *recovery* tercapai sesuai target perusahaan, perusahaan mencoba untuk merubah geometri peledakan akan tetapi masih menghasilkan hasil fragmentasi berukuran *boulder* lebih dari 30% dan target *recovery* tidak tercapai. Target produksi peledakan PT. Koto Alam Sejahtera dalam satu bulan adalah sebesar 60.000 ton, sedangkan target *recovery* yang diinginkan perusahaan sebesar 90%.

Adapun salah satu faktor yang dapat mempengaruhi terbentuknya hasil distribusi fragmentasi hasil peledakan yaitu dapat dipengaruhi oleh jenis material *stemming*, dan ukuran kedalaman *stemming*. Dimana, penggunaan jenis material *stemming* dan penggunaan ukuran kedalaman *stemming* yang tepat dapat meningkatkan *confinning pressure* dan akumulasi gas hasil peledakan, menyeimbangkan tekanan di daerah *stemming*, dan dapat mengontrol kemungkinan terjadinya *air blash*, *flying rock*, dan meminimalisir terbentuknya fragmentasi berukuran *boulder*. Hal ini juga dinyatakan pada penelitian yang dilakukan oleh H. Cevzici dan H.T. Ozkahraman yang berjudul *The effect of blast hole stemming length to rockpile fragmentation at limestone quarries* bahwa dengan bertambahnya ukuran kedalaman *stemming* maka dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah terbentuknya *boulder*, penelitian ini membuktikan bahwa ukuran kedalaman *stemming* sangat berpengaruh terhadap hasil fragmentasi. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan oleh Suresh Kumar Sharma dan Piyush Rai yang berjudul *Investigation of crushed aggregate as stemming material in bench blasting* menjelaskan bahwa material *stemming* yang berbeda dapat menghasilkan distribusi fragmentasi yang berbeda juga.

Permasalahan yang terjadi dilapangan ialah masih ditemukannya fragmentasi berukuran *boulder* ≥ 50 cm menggunakan material *stemming cutting bor* dengan rata-rata sebesar 32,1 % maka hal ini tidak sesuai dengan tolok ukur keberhasilan dari perusahaan $\leq 15\%$ hal ini akan berdampak terhadap kinerja *crusher* dikarenakan ukuran batuan yang melebihi 50 cm akan menyangkut pada alat *crusher*. Sedangkan saat menggunakan material *stemming* batu split 1 – 2 cm menghasilkan rata-rata jumlah *boulder* ≥ 50 cm sebanyak 3,1 % hal ini menyatakan bahwa telah sesuai dengan target *boulder* dibawah 15%, dan dalam setiap ukuran kedalaman *stemming* menghasilkan ukuran fragmentasi yang berbeda. Hal ini membuktikan bahwa ada perbandingan yang signifikan terhadap hasil fragmentasi yang dipengaruhi oleh jenis material *stemming* maupun ukuran kedalaman *stemming* yang digunakan. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap *cost* peledakan yang akan di lakukan. Dapat dilihat perbandingan hasil fragmentasi yang terbentuk dengan menggunakan jenis material yang berbeda pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Fragmentasi hasil peledakan menggunakan *cutting bor* dengan kedalaman *stemming* 1,8 m



Gambar 2. Fragmentasi hasil peledakan menggunakan batu split 1-2 cm dengan kedalaman 1,8 m

Selain itu permasalahan terjadi ketidak tercapaian target *recovery blasting* pada bulan Juli yaitu hanya mencapai target *recovery* sebesar 72,4 % sedangkan yang di harapkan oleh perusahaan sebesar 90 %.

Dalam hal ini perusahaan sedang mengevaluasi bagaimana cara agar dapat mengoptimalkan hasil fragmentasi peledakan hal ini di lakukan untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang baik dan seragam sesuai dengan target yang di harapkan oleh perusahaan serta dapat mencapai target *recovery* peledakan yang diinginkan perusahaan dengan menggunakan *minimum cost*.

Pada daerah penelitian ini sedang melakukan optimalisasi ukuran fragmentasi hasil ledakan dengan cara mengganti material *stemming* yang digunakan, dan ukuran kedalaman *stemming* yang tepat, sehingga perlu adanya analisis dan evaluasi terhadap pengaruh penggunaan jenis material *stemming* dan ukuran kedalaman *stemming* yang digunakan terhadap hasil fragmentasi, *cost* peledakan, dan *recovery blasting* setelah melakukan peledakan.

Maka oleh sebab itu peneliti tertarik ingin membahas pengaruh pemakaian material *stemming* yang tepat, dan pemakaian ukuran kedalaman *stemming* yang tepat untuk meminimalisirkan masalah diatas. Berdasarkan hal tersebut maka penulis ingin membahas lebih lanjut dan menjadikan sebuah kajian dengan judul : Evaluasi Pengaruh Penggunaan Jenis Material, dan Ukuran Kedalaman *Stemming* Dalam Kegiatan Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi, *Cost*, Dan *Recovery Blasting* Di PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat.

2 Kajian Teori

2.1 Lokasi Penelitian

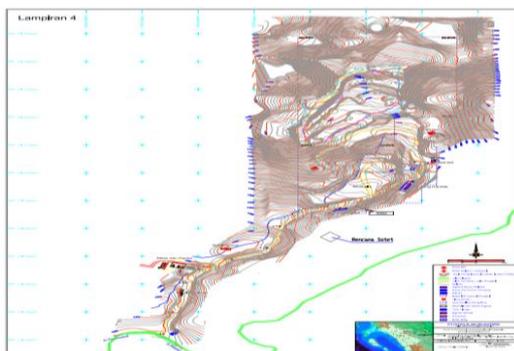
Lokasi penelitian dilakukan pada area penambangan batu andesit di PT. Koto Alam Sejahtera yang secara administrasi sesuai wilayah IUP No: 570/84-Periz/DPM&PTSP/I/2020 terletak di Jorong Polong Duo Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Kabupaten Lima Puluh Kota diapit oleh empat Kabupaten dan satu provinsi yaitu: Kabupaten Agam, Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Sijunjung dan Kabupaten Pasaman serta Provinsi Riau. secara geografis wilayah tersebut terletak di antara $0^{\circ} 0' 35,7''$ LU sampai $0^{\circ} 0' 48,5''$ LU dan $100^{\circ} 43' 49,4''$ BT sampai $100^{\circ} 43' 58,6''$ BT. Dapat dilihat lokasi dan kesampaian daerah PT. Koto Alam Sejahtera pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Peta lokasi kesampaian penelitian

Morfologi dan topografi daerah PT. Koto Alam Sejahtera daerah terdiri dari daerah perbukitan dan lembah yang memiliki elevasi yang berbeda-beda. Pada daerah penelitian terletak pada ketinggian 400 – 540 mdpl. Di sekitar lokasi penambangan juga terdapat pohon-pohon kecil, semak belukar, dan terdapat kebun tanaman karet milik warga setempat.

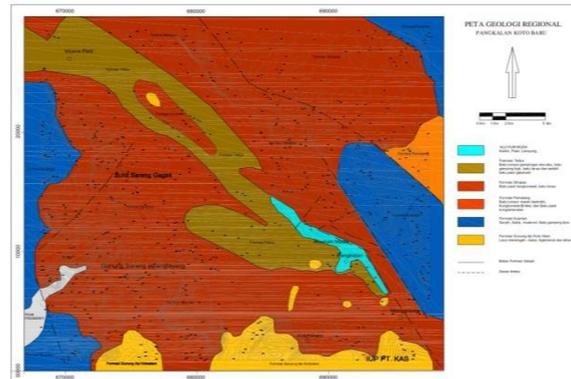
Topografi PT. Koto Alam Sejahtera dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Peta Topografi PT. KAS

Wilayah tambang batu andesit di PT. Koto Alam Sejahtera memiliki luas 20 ha. Batu andesit yang terdapat di area penambangan tersebut merupakan produk yang terbentuk dari lelehan magma hasil letusan gunung

api yang membeku dipermukaan. Batu andesit merupakan batuan beku intermediet. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Peta Geologi PT. Koto Alam Sejahtera

Dapat dilihat pada 5 peta geologi dari PT Koto Alam Sejahtera, dimana IUP PT Koto Alam Sejahtera berada di formasi gunung api Koto Alam yang terdiri dari lava menengah, basa, konglomerat dan lahar.

2.2 Data Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat data-data yang perlu diambil yaitu data pengukuran kedalaman lubang ledak, pengukuran panjang *stemming*. Untuk melakukan pengambilan data kedalaman lubang dilakukan sebelum dilakukan *charging*, sedangkan saat melakukan pengukuran kedalaman *stemming* dilakukan setelah proses penchargingan selesai dilakukan. Hal ini dilakukan dengan cara menggunakan meteran yang ujung nya diberikan pemberat lalu dimasukan kedalam lubang ledak dilanjutkan dengan pembacaan hasil pengukuran yang dilakukan. Data *cycle time* pemboran Data foto fragmentasi hasil peledakan, data ini diambil dengan melakukan foto fragmentasi yang dapat mewakili setiap blok peledakan yang diamati sebagai parameter yang digunakan untuk input data pada proses analisis menggunakan software split dekstop hal ini bertujuan untuk dapat menganalisis distribusi fragmentasi kelolosan dan ketertahanan suatu ukuran. Data ukuran jenis material *stemming* yang digunakan. Data ini diambil dengan melakukan pengukuran ukuran jenis material *stemming* menggunakan penggaris 30 cm. Data – data tersebut merupakan data primer yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan penelitian.

2.3 Keberhasilan Kegiatan Peledakan

Menurut (Koesnaryo,1988) suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila :

- 1) Target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan)
- 2) Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (disebut *Powder Factor*).

- 3) Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15 % dari jumlah batuan terbongkar per peledakan).
- 4) Diperoleh dinding batuan yang stabil dan aman (tidak ada retakan-retakan)
- 5) Aman.
- 6) Dampak terhadap lingkungan (*fly rock*, getaran, *air blast*, gas beracun) minimal.

2.4 Stemming

Stemming merupakan material yang dimasukkan kedalam lubang ledak setelah bahan peledak dimasukkan ke dalam lubang ledak.

1. *Stemming* biasanya diambil dari cutting hasil pemboran lubang ledak, atau batuan dengan ukuran yang kecil (Gomis, 2015 : 15). Fungsi *stemming* adalah : Meningkatkan *confining pressure* dari gas hasil peledakan.
2. Menyeimbangkan tekanan di daerah *stemming*.
3. Mengontrol kemungkinan terjadinya *airblast* dan *flyrock*

Ada dua hal yang berhubungan dengan *stemming* antara lain:

a. Ukuran panjang *stemming*

Apabila dalam proses peledakan menggunakan panjang *stemming* yang terlalu pendek maka energi ledakan yang dihasilkan cenderung lebih cepat mencapai bidang bebas sehingga menimbulkan *fly rock*, dan energi yang menekan batuan tidak maksimal. *Stemming* yang pendek juga akan menghasilkan fragmentasi yang kurang baik dan sebaliknya. Untuk menentukan ukuran kedalaman *stemming* menurut R.L Ash (1967), mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$\text{Stemming (T)} = Kt \times B$$

Keterangan :

T = *stemming*, meter

Kt = *stemming ratio* (0,75 – 1,00)

b. Ukuran material *stemming*

Ukuran material *stemming* sangat berpengaruh terhadap hasil peledakan, apabila bahan *stemming* terdiri dari butiran-butiran halus seperti hasil *cutting bor*, maka kurang memiliki gaya gesek terhadap lubang tembak sehingga udara yang bertekanan tinggi akan mudah mendorong material *stemming* tersebut. Sehingga energi yang seharusnya untuk menghancurkan batuan, banyak hilang melalui rongga *stemming*, untuk mencegahnya banyak menggunakan bahan yang berbutiran kasar.

c. Kriteria material *stemming*

Kriteria material *stemming* yang baik adalah dapat meningkatkan *confining pressure*, mengurangi gas hasil proses kimia bahan peledak, dapat mengontrol kemungkinan terjadinya *air blast*, dan *fly rock*. Material harus menyudut agar bekerja dengan tepat, jika

bentuknya membulat maka *stemming* tidak akan berfungsi dengan baik (Konya-Walter,1990).

2.5 Prediksi Distribusi Fragmentasi Menggunakan Kuz-Ram

Tingkat fragmentasi batuan merupakan salah satu petunjuk yang sangat penting dalam menilai keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan, dimana material yang memiliki ukuran seragam lebih diharapkan dari pada material yang banyak berukuran bongkahan. Fragmentasi adalah bentuk material hasil peledakan berdasarkan ukuran tertentu. Fragmentasi dapat di klasifikasikan menjadi 3 ukuran partikel fragmentasi hasil peledakan yaitu *oversize*, *finest*, dan *mid range*.

Persamaan Kuz-Ram merupakan gabungan dari dua persamaan, yaitu Persamaan Kuznetsov untuk menentukan ukuran fragmentasi rata-rata dan persamaan Rosin-Rammler untuk menentukan persentase material. Untuk melakukan perhitungan menggunakan metode Kuz-Ram dibutuhkan beberapa parameter data diantaranya faktor batuan, geometri peledakan, dan jumlah bahan peledak. Perhitungan ukuran rata-rata fragmentasi (\bar{x}) dapat di hitung menggunakan persamaan (1) berikut :

$$\bar{x} = A \times \left[\frac{V_o}{Q} \right]^{0.8} \times Q^{0.17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0.63} \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{x} = Ukuran rata-rata fragmen batuan (cm)

A = Faktor batuan

V_o = Volume batuan per lubang ledak (m^3)

Q_e = Berat bahan peledak (kg)

E = Kekuatan berat relatif (RWS) bahan peledak yang dipakai, (ANFO = 100).

Untuk mengetahui indeks kesragaman (n) dan karakteristik ukuran (X_c) dapat digunakan persamaan (2) dan persamaan (3) berikut :

$$n = \left(2,2 - 14 \times \frac{B}{d} \right) \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \times \frac{PC}{L} \quad (2)$$

Keterangan :

n = *Index of uniformity*

B = Burden (m)

d = Diameter Lubang (mm)

W = StandarDeviasi dari keakuratan pengeboran

A' = Rasio (burden / spasi)

PC = Panjang Isian Kolom (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

Perhitungan nilai karakteristik ukuran (X_c) menggunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$X_c = \frac{\bar{x}}{0,693 \pi} \quad (3)$$

Perhitungan persentase bongkahan dapat dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut :

$$R = e^{-\left(\frac{x}{X_c}\right)} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

R = Persentase batuan diatas ukuran ayakan

X = Ukuran Ayakan

n = Indeks keseragaman

e = Epsilon = 2,71

Xc = Nilai Karakteristik Ukuran (cm)

Rock blastability Indeks (BI) adalah daya tahan batuan terhadap peledakan, dipengaruhi oleh keadaan batuan dan tingkat sedimentasi. Berikut ini merupakan pemaparan pembobotan massa batuan dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Pembobotan Batuan

PARAMETER	PEMBOBOTAN
1. Rock Mass Description (RMD)	
1.1 Powdery / Friable	10
1.2 Bloky	20
1.3 Totally Massive	50
2. Joint Plane Spasing (JPS)	
2.1 Close (Spasi <1 m)	10
2.2 Intermediete (Spasi 0.1 -1 m)	20
2.3 Wide (Spasi >1 m)	50
3. Joint Plane Orientation (JPO)	
3.1 Horizontal	10
3.2 Dip Out of Face	20
3.3 Strike Normal to Face	30
3.4 Dip Into Face	40
4. Spesific Grafity Influence (SGI)	SGI =25 x SG-50
5. Hardness (H)	1 – 10

Sumber: Lily, 1986

Hubungan parameter yang ada tersebut dapat dilihat pada persamaan yang digunakan saat melakukan Perhitungan Faktor Batuan (A) Perhitungan faktor batuan (A) dilakukan dengan menggunakan pembobotan batuan menurut Lily (1986). Persamaan (5) dan persamaan (6) faktor batuan adalah sebagai berikut:

Rock blastability Indeks (BI) adalah daya tahan batuan terhadap peledakan, dipengaruhi oleh keadaan batuan dan tingkat sedimentasi. BI dapat dihitung menggunakan persamaan (5) berikut :

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

Persamaan yang memberikan hubungan antara faktor batuan dengan indeks kemampuan ledakkan suatu batuan adalah sebagai berikut:

$$Faktor batuan (A) = BI \times 0,12 \quad (6)$$

Keterangan :

BI = Blastibility index

RMD = Rock mass description

JPS = Joint plane spacing

JPO = Joint plane orientation

SGI = Spesific gravity index

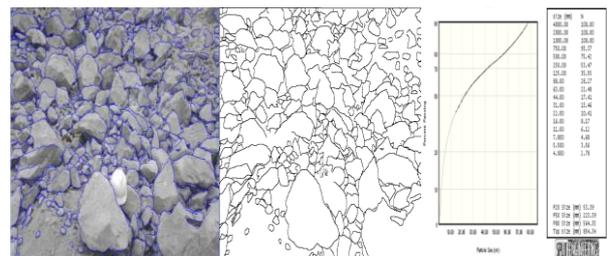
H = Hardness

A = Faktor batuan

2.6 Prediksi Distribusi Fragmentasi Menggunakan split dekstop

Software Split Dekstop merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan analisis distribusi ukuran fragmentasi dari hasil peledakan. Hasil analisis ini berfungsi untuk dapat mengevaluasi hasil distribusi hasil peledakan mengoptimalkan peledakan, selain itu dibutuhkan data dokumentasi gambar muckpile yang dipakai untuk diunggah kedalam *software Split Dekstop*. Hasil dari *software Split Dekstop* tersebut berupa grafik garis yang berisikan informasi distribusi fragmentasi ukuran kelolosan persentase sesuai pada ukuran ayakan tertentu. Hasil dari analisis ini biasanya yang digunakan untuk sebagai indikator efesiensi fragmentasi peledakan.

Adapun Langkah pengoperasian program split desktop 2.0 pada perangkat komputer/laptop tersdiri dari 5 tahapan yaitu tahapan pertama, yaitu menentukan skala yang digunakan untuk tiap-tiap gambar yang telah diambil saat pengambilan data dilapangan hal ini dapat dilakukan menggunakan program *scale image*, tahapan ke dua, yaitu melakukan penggambaran secara otomatis ataupun manual yang disesuaikan dengan gambar batuan yang sebenarnya hal ini dilakukan dengan menekan menu find partikel, tahapan ke 3 setelah kita selesai melakukan pengeditan terhadap gambar fragmentasi yang kita masukan pilih menu done editing agar dapat disimpan di komputer, tahapan ke empat, yaitu melakukan *compute size* hal ini bertujuan untuk dapat melakukan perhitungan distribusi ukuran fragmentasi , dan tahapan terakhir yaitu melakukan pengeluaran grafik dan output dari analisis yang telah dilakukan.



Gambar 6. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perangkat lunak untuk analisis fragmentasi (Sebuah Gambar berskala yang diambil lapangan, pemrosesan gambar dengan perangkat lunak dan distribusi fragmentasi kurva (keluaran).

2.7 Recovery Peledakan

Recovery Blasting merupakan salah satu parameter yang menentukan keberhasilan dari hasil peledakan. Suatu kegiatan peledakan dikatakan berhasil ketika volume material yang direncanakan sesuai dengan volume apabila material tersebut diangkut. Nilai *recovery* peledakan dalam bentuk persentase (%) yang menunjukkan efektifitas batuan yang terbongkar dalam suatu kegiatan peledakan. *Recovery blasting* dapat dihitung menggunakan persamaan (7) berikut ini :

$$Recovery (\%) = \frac{volume\ batu\ andesit\ terangkut}{VR\ volume\ batu\ andesit\ yang\ diledakan} \times 100 \quad (7)$$

2.8 Biaya Bahan Peledak

Dalam melakukan kegiatan peledakan di butuhkan perhitungan biaya. Biaya yang dimaksud ada dua istilah yaitu biaya (*cost*) dan biaya pengeluaran. Biaya (*cost*) adalah biaya yang dibutuhkan, disediakan ataupun dikorbankan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang. Sedangkan biaya pengeluaran yaitu biaya yang berkaitan dengan dengan sejumlah uang yang dikeluarkan atau dibayarkan yang berujuan untuk mendapatkan hasil yang di harapkan.

Biaya ini akan dihitung untuk mengetahui berapa jumlah biaya peledakan yang digunakan dengan pendapatan dari hasil peledakan sehingga secara umum dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Income = revenue - expence \quad (8)$$

Keterangan :

Income = Nilai Aliran Uang

Revenue = Harga Batuan Yang Di beraikan/ diledakan

Expence = Biaya Pengeluaran Kegiatan Peledakan

3 Metode Penelitian

Menurut Priyono (2016 : 2) menyatakan bahwa “Metode penelitian pada dasarnya dapat diartikan sebagai usaha untuk menemukan, mengembangkan, dan menguji kebenaran suatu pengetahuan, dimana usaha – usaha itu dilakukan dengan menggunakan metode ilmiah”. Siyoto dan Sodik, menjelaskan bahwa penelitian adalah suatu penyelidikan terorganisasi atau penyelidikan yang hati-hati dan kritis dalam mencari fakta untuk menentukan sesuatu. Suatu penelitian dengan menggunakan metode ilmiah dinamakan sebagai penelitian ilmiah (Siyoto, 2015).

3.1. Desain Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimen yang bertujuan untuk meneliti, menyelidiki hubungan kemungkinan sebab akibat dengan menggunakan satu atau lebih kondisi perlakuan dan membandingkan hasil nya dengan satu atau lebih kelompok kontrol. Menurut Sugiyono (2018 : 72) menyatakan bahwa “Penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan”. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen (menguji cobakan) dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif (campuran). Data – data dari penelitian ini dikumpulkan lalu di olah dan dianalisis. Terdapat beberapa tahapan yang perlu dilalui dalam penelitian ini antaranya tahapan pengambilan data, pengelompokan dan analisi data serta tahap penyusunan karya tulis ilmiah.

3.1.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 11 Agustus 2020 sampai dengan 21 September 2020 lokasi penelitian dilakukan di PT. Koto Alam Sejahtera yang terletak di Jorong Polong Duo, Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

3.2. Jenis Dan Sumber Data Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen (menguji cobakan) dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif (campuran). Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan dua jenis sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer, yaitu data yang diperoleh dan disusun melalui kegiatan pengukuran secara langsung. Data primer tersebut meliputi : data geometri aktual, foto fragmentasi hasil peledakan, data faktor batuan, dan data ukuran jenis material stemming yang digunakan. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung atau dari sumber yang sudah ada. Data sekunder yang dimaksud meliputi : peta lokasi kesampaian daerah, peta topografi, peta geologi regional lokasi penelitian, data curah hujan, data spesifikasi bahan peledak, data asumsi harga penjualan asumsi batuan andesit berbentuk row, harga asumsi material stemming yang digunakan, spesifikasi alat bor, penggunaan bahan peledak, data loading sheed, data *blast report*, dan data *recovery* peledakan di PT. Koto Alam Sejahtera.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambil data ini dilakukan untuk memperoleh data- data yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Dalam proses pengambilan data terdapat dua jenis data yang di perlukan dalam melakukan penelitian yaitu data primer dan data sekunder.

Ada beberapa cara pengambilan data- data yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Tahap pertama, adalah dengan cara studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder yang berhubungan dengan kegiatan peledakan pada tempat penelitian dari publikasi ilmiah dan laporan-laporan terdahulu, dan hal- hal yang dapat mendukung nya penelitian.
2. Tahap kedua, adalah observsi lapangan Tahapan observasi lapangan terdiri dari tiga kegiatan yaitu :
 - 1) Orientasi Lapangan

Merupakan suatu pengenalan awal dari perusahaan yang menjadi tujian penelitian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui beberapa masalah yang terdapat di perusahaan yang sesuai kondisi lapangan dengan topik penelitian yang akan di teliti (menentukan rumusan masalah).

2) Persiapan Instrumentasi

Instrumentasi merupakan peralatan yang akan digunakan selama penelitian yang berfungsi untuk membantu dalam pengambilan data dan proses pengolahan data menjadi hasil yang akan dianalisis.

Data- data tersebutlah nanti yang akan dikumpulkan dan digabungkan untuk mendukung kegiatan penelitian.

3.4. Teknik Analisis Data

1. Perhitungan dan analisis distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan aktual (baik itu menggunakan material *stemming cutting bor* ataupun batu split berukuran 1-2 cm) dengan software split desktop sesuai dengan kedalaman *stemming* masing – masing.
2. Perhitungan *recovery* peledakan dan biaya peledakan dari hasil peledakan aktual (baik itu menggunakan material *stemming cutting bor* ataupun batu split berukuran 1-2 cm), sesuai dengan kedalaman *stemming* masing – masing .
3. Perhitungan biaya peledakan dari hasil peledakan aktual (baik itu menggunakan material *stemming cutting bor* ataupun batu split berukuran 1-2 cm) sesuai dengan kedalaman *stemming* masing – masing.
4. Perhitungan jenis material *stemming* usulan dan ukuran kedalaman *stemming* rancangan usulan yang dihitung menurut teori R.L Ash.
5. Perhitungan prediksi analisis fragmentasi batuan hasil jenis material *stemming*, dan ukuran kedalaman *stemming* peledakan usulan dengan metode Kuz – Ram.
6. Melakukan uji coba jenis material *stemming*, dan ukuran kedalaman *stemming* peledakan usulan dan perhitungan prediksi fragmentasi batuan dengan metode Kuz – Ram.
7. Menganalisis distribusi fragmentasi batuan hasil uji coba jenis material *stemming*, dan ukuran kedalaman *stemming* peledakan usulan dengan menggunakan *software split desktop*.
8. Melakukan Perhitungan *recovery* peledakan dan biaya peledakan dari hasil uji coba jenis material *stemming*, dan ukuran kedalaman *stemming* peledakan usulan.
9. Melakukan perbandingan hasil fragmentasi hasil peledakan, *cost* peledakan, dan *recovery* peledakan dari peledakan aktual menggunakan *cutting bor*, dan batu split 1 – 2 cm serta peledakan menggunakan *stemming* dan ukuran kedalaman *stemming* usulan.

4 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji coba analisis kegiatan peledakan yang dikelompokkan menjadi 2 kelompok, dimana kelompok pertama kegiatan peledakan dilakukan dengan ukuran kedalaman *stemming* yang berbeda-beda berturut-turut sebesar 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m dengan menggunakan material *stemming cutting bor*, dan kelompok kedua kegiatan peledakan menggunakan ukuran kedalaman yang sama dengan menggunakan batu split 1-2 cm sebagai material *stemming* peledakan.

4.1 Jenis material *stemming* yang digunakan di PT. Koto Alam Sejahtera

Jenis material *stemming* yang digunakan pada saat penelitian ada dua jenis, yaitu:

1. Batu split, adalah batu andesit yang telah di crushing menjadi ukuran rata – rata 1-2 cm dengan densitas 1,889 ton/m³ (batu split dalam keadaan basah). Batu split ini diperoleh dari hasil produksi prodak batu andesit milik perusahaan PT. Koto Alam Sejahtera.
2. *Cutting bor*, adalah serbuk yang dihasilkan dari pemboran lubang ledak yang berukuran halus (< 0,2 cm) yang memiliki densitas 1,738 ton/m³.

Jenis material yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8 dibawah ini:



Gambar 7. Material *stemming Cutting Bor*



Gambar 8. Material *stemming* Batu Split 1-2 cm

4.2 Geometri peledakan Aktual

Dapat dilihat data geometri peledakan aktual dapat dilihat dalam tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Geometri Peledakan Aktual untuk material *stemming* Batu Split berukuran 1-2 cm dan *cutting bor*

No.	Tanggal	Material <i>Stemming</i>	Geometri Rata-Rata Peledakan Aktual								
			T	B	S	PC	J	D	H	L	n
7.	11 Agustus 2020	<i>Cutting Bor</i>	1,6	2	2	4,4	0,3	0,0762	5,77	5,77	56
8.	15 Agustus 2020	<i>Cutting Bor</i>	1,7	2	2	4,3	0,3	0,0762	5,55	5,55	54
9.	18 Agustus 2020	<i>Cutting Bor</i>	1,8	2	2	4,2	0,3	0,0762	5,65	5,56	42
10.	22 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	1,6	2	2	4,4	0,3	0,0762	5,8	5,8	47
11.	24 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	1,7	2	2	4,3	0,3	0,0762	5,75	5,75	38
12.	27 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	1,8	2	2	4,3	0,3	0,0762	5,76	5,76	26

Berikut ini merupakan data volume hasil peledakan aktual dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Volume Peledakan Aktual 11 Agustus 2020 sampai dengan 27 Agustus 2020

No.	Tanggal	Jenis material stemming	L	B	S	n	Sg (gr/cc)	de (kg/m)	vtsr (BCM)	Mstr (Ton)
1.	11 Agustus 2020	Cutting Bor	6	2	2	56	0.85	3.874	1276.8	3153.696
2.	15 Agustus 2020	Cutting Bor	6	2	2	54	0.85	3.874	1199.6	2963.012
3.	18 Agustus 2020	Cutting Bor	6	2	2	42	0.85	3.874	949.2	2344.524
4.	22 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	6	2	2	47	0.85	3.874	1090.40	2693.288
5.	24 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	6	2	2	38	0.85	3.874	873.6	2157.792
6.	27 Agustus 2020	Batu Split 1 - 2 cm	6	2	2	26	0.85	3.874	599.2	1480.024

Dari tabel 3 dapat menunjukkan bahwa volume peledakan rencana tertinggi yaitu terjadi pada kegiatan peledakan tanggal 11 Agustus 2020 yaitu sebesar 1276,8 bcm atau setara dengan 3153,696 ton. Sedangkan volume peledakan terendah terdapat pada kegiatan peledakan pada tanggal 27 Agustus 2020, yaitu sebesar 599,2 bcm atau setara dengan 1480,024 ton.

Tabel 4. Volume Peledakan, Jumlah Bahan Peledak Aktual, dan powder factor (PF)

No.	Tanggal	Jumlah Bahan Peledak (kg)	Volume Rencana (bcm)	Volume Aktual (bcm)	Volume Pengangkutan (bcm)	PF Rencana	PF Aktual
1	11-Agust-20	952	1344	1276.8	1080	0.71	0.75
2	15-Agust-20	901.8	1296	1199.6	975	0.70	0.75
3	18-Agust-20	672	1008	949.2	748.39	0.67	0.71
4	22-Agust-20	799	1128	1090.4	1035.4	0.71	0.73
5	24-Agust-20	624.6	912	873.6	809.37	0.68	0.71
6	27-Agust-20	433.2	624	599.2	542.5	0.69	0.72

Berdasarkan tabel 4 yang memaparkan hasil PF rencana dan PF aktual. Hasil peledakan pada tanggal 11 Agustus 2020 sampai 27 Agustus 2020 didapatkan nilai PF rencana terendah terdapat pada adalah 0,67 pada tanggal 18 Agustus 2020. Sedangkan PF tertinggi ialah 0,71 pada tanggal 18 Agustus 2020. Nilai pf aktual tertinggi terdapat pada tanggal 11 Agustus 2020 dan pada tanggal 15 Agustus 2020 sebesar 0,75, sedangkan nilai pf aktual terendah sebesar 0,71 terdapat pada tanggal 18 Agustus 2020. Didapatkan rata-rata pf dari ke enam kali peledakan sebesar 0,73. Pf tersebut sesuai dengan target yang ditetapkan perusahaan yaitu 0,6 – 1. Akan tetapi masih banyak membentuk fragmentasi berukuran *boulder*.

4.3 Analisis ukuran fragmentasi hasil peledakan aktual menggunakan split dekstop berdasarkan ukuran kedalaman dan jenis material stemming yang digunakan

Target ketentuan ukuran fragmentasi hasil peledakan yang diharapkan oleh perusahaan adalah ≤ 50 cm, dan maksimal terdapat *boulder* sebesar 15 % dari setiap melakukan kegiatan peledakan. Berikut ini hasil analisis mengenai distribusi fragmentasi batuan dari geometri aktual peledakan menggunakan jenis material stemming cutting bor dan batu split ukuran 1 – 2 cm menggunakan

software split dekstop sesuai dengan ukuran kedalaman stemming yang digunakan.

4.3.1 Fragmentasi Batuan Peledakan Aktual Round 1 dengan ukuran kedalaman stemming 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m dan memakai cutting bor sebagai material stemming.

Berikut ini merupakan hasil gambaran dari kegiatan peledakan menggunakan ukuran kedalaman stemming 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m, dengan penggunaan cutting bor sebagai material stemming. Dapat dilihat pada gambar 9, gambar 10, dan gambar 11 gambaran hasil fragmentasi yang terbentuk.



Gambar 9. Fragmentasi hasil peledakan 11 Agustus 2020 dengan kedalaman stemming 1,6 m



Gambar 10. Fragmentasi hasil peledakan 15 Agustus 2020 dengan kedalaman stemming 1,7 m



Gambar 11. Fragmentasi hasil peledakan 18 Agustus 2020 menggunakan kedalaman stemming 1,8 m

Dapat dilihat dengan jelas bahwasanya tiap ukuran kedalaman stemming memberikan hasil distribusi fragmentasi yang berbeda-beda. Berikut ini merupakan tabel rangkuman hasil distribusi fragmentasi dari kegiatan peledakan dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Rangkuman Hasil Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual menggunakan *Stemming Cutting Bor*

No.	Tanggal	Jenis material stemming (cm)	T (m)	(%) Lolos	(%) Tertahan
1	11 Agustus 2020	Cutting Bor	1.6	75,42	24,58
2	15 Agustus 2020	Cutting Bor	1.7	68,22	31,78
3	18 Agustus 2020	Cutting Bor	1.8	60,04	39,96
	Rata-rata			67,89	32,1

Dari tabel 11 diatas menyatakan bahwasanya kegiatan peledakan aktual yang dilakukan menggunakan kedalaman stemming 1,6 m, 1,7, dan 1,8 m dengan material *stemming cutting bor* belum dapat memenuhi target fragmentasi yang diharapkan perusahaan yaitu maksimal boulder 15 %.

4.4.2 Fragmentasi Batuan Peledakan Aktual Round 1 dengan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m dan memakai *batu split 1-2 cm* sebagai material *stemming*.

Berikut ini merupakan hasil gambaran dari kegiatan peledakan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m, dengan penggunaan *batu split 1-2 cm* sebagai material *stemming*. Dapat dilihat pada gambar 12, gambar 13, dan gambar 14 gambaran hasil fragmentasi yang terbentuk.



Gambar 12. Fragmentasi hasil peledakan 22 Agustus 2020 dengan kedalaman 1,6 m



Gambar 13. Fragmentasi hasil peledakan 24 Agustus 2020 dengan kedalaman 1,7 m



Gambar 14. Fragmentasi hasil peledakan 27 Agustus 2020 dengan kedalaman 1,8 m

Dapat dilihat dengan jelas bahwasanya tiap ukuran kedalaman *stemming* memberikan hasil distribusi fragmentasi yang berbeda-beda. Berikut ini merupakan tabel rangkuman hasil distribusi fragmentasi dari kegiatan peledakan dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

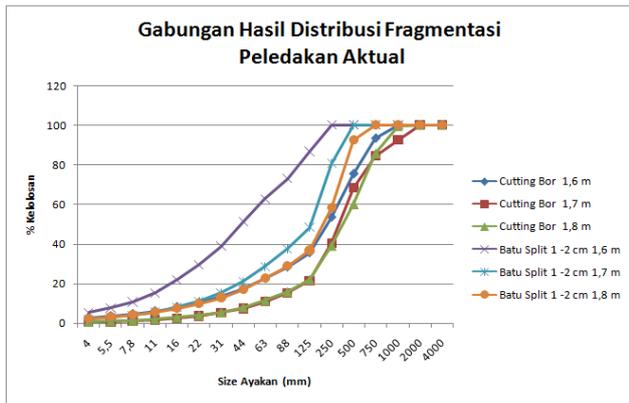
Tabel 6. Rangkuman Hasil Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual menggunakan *Stemming Batu split 1-2 cm*

No.	Tanggal	Jenis material stemming(cm)	T	(%) Lolos	(%) Tertahan
1	22 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	1.6	100	0
2	24 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	1.7	97,17	2,83
3	27 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	1.8	92,61	7,39
	Rata-rata			97,53	3,1

Dari tabel 6 diatas menyatakan bahwasanya kegiatan peledakan aktual yang dilakukan menggunakan kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7, dan 1,8 m dengan material *stemming* batu split 1-2 cm bor telah dapat memenuhi target fragmentasi yang diharapkan perusahaan yaitu maksimal boulder 15 %.

Tabel 7. Perbandingan Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan

Metode Analisis	Plan			Aktual					
	Kuz-Ram			Analisis Image split dekstop					
Material stemming				Cutting Bor			Batu Split 1-2 cm		
Kedalaman Stemming (m)	1.6	1.7	1.8	1.6	1.7	1.8	1.6	1.7	1.8
Lolos (%) < 50 cm	99.1	89.58	89.07	75.42	68.22	60.04	100	97.17	92.61
Boulder (%) > 50 cm	4.49	5.13	5.85	24.58	31.78	39.96	0	2.83	7.39



Gambar 15. Gabungan Hasil distribusi fragmentasi peledakan aktual.

4.5 Recovery Peledakan Aktual

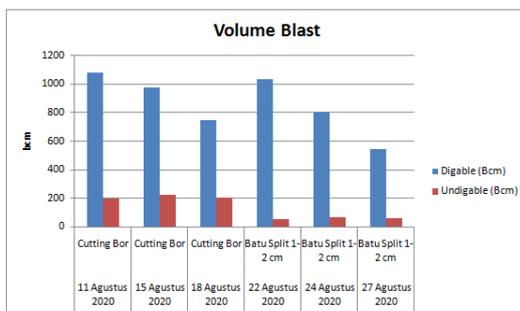
Dalam suatu kegiatan peledakan dikatakan berhasil apabila volume kegiatan peledakan yang direncanakan sesuai dengan volume peledakan aktual. Target *recovery* yang ditentukan oleh PT. Koto Alam Sejahtera yaitu sebesar 90 %. Hasil dari *recovery* tersebutlah yang dijadikan parameter oleh PT. Koto Alam Sejahtera untuk meninjau presentase material hasil peledakan yang dapat di angkut. Berikut merupakan data yang diperoleh berdasarkan volume hasil peledakan yang dapat diangkut (*diggable*) dan tidak dapat diangkut (*undiggable*) pada suatu hasil peledakan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. *Recovery* peledakan menggunakan *stemming cutting bor*

No.	Stemming	Volume Peledakan (BCM)	Diggable (Bcm)	Undiggable (Bcm)	Recovery (%)	Rata-Rata
1	Cutting Bor	1276.8	1080	196.8	84.59	
2	Cutting Bor	1199.6	975	224.6	81.28	81.56928282
3	Cutting Bor	949.2	748.39	200.81	78.84	

Tabel 9. *Recovery* peledakan menggunakan *stemming batu split 1-2 cm*

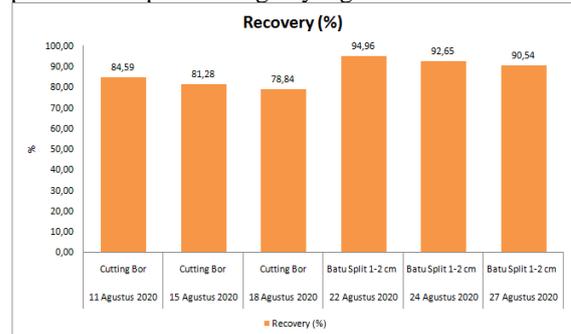
No.	Stemming	Volume Peledakan (BCM)	Diggable (Bcm)	Undiggable (Bcm)	Recovery (%)	Rata-Rata
1	Batu Split 1-2 cm	1090.4	1035.4	55	94.96	
2	Batu Split 1-2 cm	873.6	809.37	64.23	92.65	92.71367582
3	Batu Split 1-2 cm	599.2	542.5	56.7	90.54	



Gambar 16 . Volume Peledakan Aktual PT. Koto Alam Sejahtera

Berdasarkan Gambar 16 dapat diketahui bahwa material yang diangkut tidak sesuai dengan volume

peledakan. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya pendapatan perusahaan dari hasil batuan andesit yang diperoleh dari penambangan yang telah direncanakan.



Gambar 17. *Recovery* Peledakan Aktual

Gambar 17 menunjukkan *recovery* yang didapatkan setelah dilakukan kegiatan peledakan aktual dimulai dari tanggal 11 Agustus 2020 sampai dengan 27 Agustus 2020. Nilai *recovery* terendah tercatat terdapat pada peledakan yang dilakukan di pada tanggal 18 Agustus 2020 dengan menggunakan material *stemming cutting bor* yaitu sebesar 78,84 %, dan persentase tertinggi terdapat pada kegiatan peledakan tanggal 22 Agustus 2020 sebesar 94,96 %. Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa hanya ada tiga kegiatan peledakan yang dikatakan berhasil yaitu kegiatan peledakan saat menggunakan jenis material *stemming* batu split 1-2 cm yang telah memenuhi target yang di tetapkan oleh PT. Koto Alam Sejahtera dengan target nilai *recovery* peledakan > 90%.

4.5 Biaya Bahan Peledakan Dari Data Geometri Peledakan Aktual

Perhitungan biaya kegiatan peledakan dapat diperoleh dari peledakan aktual yang dilakukan hal ini mencakup biaya pemakaian PANFO, pemakaian detonator, pemakaian dinamyt, dan penggunaan jenis material *stemming*. Dibawah ini terdapat hasil perhitungan biaya peledakan dapat dilihat pada Tabel 16 sebagai berikut:

Tabel 10. Biaya Bahan Peledak menggunakan *cutting bor*

No.	Tanggal	Stemming	Dynamit		PANFO		Detonator		Total Biaya (\$)
			N (Kg)	\$	N (Kg)	\$	N	\$	
1	11-Agust-20	Cutting Bor	5,6	15.3529	952	652.5004	56	53.7353	722
2	15-Agust-20	Cutting Bor	5,4	14.8046	901,8	618.6933	54	51.8162	685
3	18-Agust-20	Cutting Bor	4,2	11.5147	672	460.5885	42	40.3015	512

Tabel 11. Biaya Bahan Peledak menggunakan batu split 1-2 cm

No.	Tanggal	Stemming	Dynamit		PANFO		Detonator		Total Biaya (\$)
			N (Kg)	\$	N (Kg)	\$	N	\$	
1	22-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	4,7	12.8855	799	547.6342	47	45.0993	606
2	24-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	3,8	10.4181	634,6	434.9546	38	36.4633	482
2	27-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	2,6	7.1282	416	285.1262	26	24.9485	317

Tabel 12. Biaya Material *Stemming* Peledakan Aktual menggunakan *cutting bor*

No.	Tanggal	Stemming	N Stemming (Kg/m ³)	\$
1	11-Agust-20	Cutting Bor	709,8623	0
2	15-Agust-20	Cutting Bor	727,2304	0
3	18-Agust-20	Cutting Bor	598,8957	0

Tabel 13. Biaya Material *Stemming* Peledakan Aktual menggunakan batu split 1-2 cm

No.	Tanggal	Stemming	N Stemming (Kg/m ³)	\$
1	22-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	647,4845	7.8550
2	24-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	556,2168	6.7248
3	27-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	402,9558	4.8885

Pada tabel 12 dan 13 dapat dilihat bahwa biaya material *stemming* dengan menggunakan *cutting bor* senilai \$ 0, sedangkan pada saat menggunakan material *stemming* batu split 1-2 cm dibutuhkan biaya rata-rata sebesar \$ 6.489424. Selain itu dapat dilihat data biaya total peledakan aktual dapat dilihat pada tabel 20 dan pada tabel 14.

Tabel 14. Biaya total Peledakan Aktual menggunakan *cutting bor*

No	Tanggal	Stemming	Kedalaman Stemming (m)	Total Biaya (\$)
1	11-Agust-20	Cutting Bor	1.6	722
2	15-Agust-20	Cutting Bor	1.7	685
3	18-Agust-20	Cutting Bor	1.8	512

Tabel 15. Biaya total Peledakan Aktual menggunakan batu split 1-2 cm

No	Tanggal	Stemming	Kedalaman Stemming	Total Biaya (\$)
1	22-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	1.6	613
2	24-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	1.7	489
3	27-Agust-20	Batu Split 1-2 cm	1.8	322

Pada tabel 14 dan tabel 15 biaya total peledakan tertinggi yaitu pada tanggal 11 Agustus 2020 dengan nilai \$722, sedangkan biaya terendah yaitu pada tanggal 27 Agustus 2020 senilai \$322. Berikut ini merupakan data rencana nilai penghasilan peledakan aktual dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Rencana Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan

No.	Tanggal	Stemming	Volume Peledakan (BCM)	Fee (\$)	Cost (\$)	Income (\$)
1	11 Agustus 2020	Cutting Bor	1276.8	7000.945166	722	6279
2	15 Agustus 2020	Cutting Bor	1199.6	6577.642404	685	5893
3	18 Agustus 2020	Cutting Bor	949.2	5204.650025	512	4693
4	22 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	1090.4	5978.877357	613	5366
5	24 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	873.6	4790.120377	489	4301
6	27 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	599.2	3285.531284	322	2964
					Total Income	29495

Berdasarkan tabel 16 didapatkan *income* untuk pembongkaran batu andesit di PT. Koto Alam Sejahtera dengan total penghasilan \$ 29495 dengan nilai fee sebesar \$ 4,91/bcm batu andesit. Aktual nilai penghasilan *income* peledakan aktual dapat dilihat pada tabel 17 di bawah ini.

Tabel 17. Aktual Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Aktual

No.	Tanggal	Stemming	Digable (Bcm)	Fee (\$)	Cost (\$)	Income (\$)
1	11 Agustus 2020	Cutting Bor	1080	5921.852114	722	5200
2	15 Agustus 2020	Cutting Bor	975	5346.116492	685	4661
3	18 Agustus 2020	Cutting Bor	748.39	4103.569355	512	3592
4	22 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	1035.4	5677.301555	613	5064
5	24 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	809.37	4437.934672	489	3949
6	27 Agustus 2020	Batu Split 1-2 cm	542.5	2974.634048	322	2653
					Total Income	25118

Pada tabel 17 telah dipaparkan nilai aktual penghasilan peledakan aktual PT. Koto Alam Sejahtera dengan total penghasilan \$ 25118. Hal ini membuktikan bahwasanya nilai penghasilan tersebut kurang \$ 4.377 dari jumlah penghasilan yang direncanakan hal ini disebabkan hasil material yang tidak dapat diangkut akibat hasil peledakan yang tidak baik.

4.6 Analisis Hubungan Pengaruh Kedalaman *Stemming* dan Jenis Material *Stemming* Terhadap Hasil Fragmentasi, *Cost*, dan *Recovery Blasting* Hasil Peledakan Aktual.

4.6.1 Pengaruh Ukuran Kedalaman *Stemming* dan Jenis Material *Stemming* Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Aktual

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan pada kegiatan peledakan aktual membuktikan bahwa pada saat pemakaian *cutting bor* sebagai material *stemming* dan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m menghasilkan fragmentasi *boulder* berturut – turut sebesar 24,58%, 31,78%, dan 39,96% hal ini tidak sesuai dengan target *boulder* yang di tetapkan oleh pihak perusahaan yaitu maksimal 15% *boulder* yang akan menyebabkan ketidak tercapaian fragmentasi yang diinginkan. Sedangkan pada saat memakai batu split berukuran 1 – 2 cm dan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m terdapat hasil fragmentasi *boulder* berurutan sebesar 0%, 2,83 %, dan 7,39% hal ini sudah sesuai dengan target yang diinginkan perusahaan. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. Grafik Analisis Pengaruh kedalaman *Stemming* Menggunakan *cutting bor*



Gambar 19. Grafik Analisis Pengaruh kedalaman *Stemming* Menggunakan batu split 1-2 cm

4.6.2 Pengaruh Ukuran Kedalaman *Stemming* dan Jenis Material *Stemming* Cost Peledakan

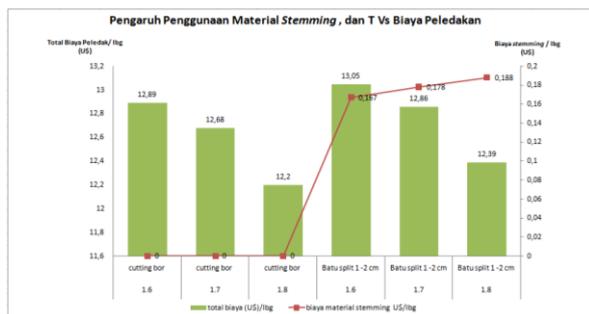
Dapat dilihat pada tabel 18 memaparkan bahwa hal keekonomisan dalam proses penambangan sangat perlu diperhatikan. Dalam hal ini suatu kegiatan peledakan berhubungan erat dengan ukuran kedalaman *stemming* dan jenis material *stemming* yang dipakai dapat mempengaruhi *cost* biaya peledakan dan *cost stemming*. Dimana hal ini sangat berpengaruh terhadap banyak isian bahan peledak yang digunakan, dan berapa banyak material *stemming* yang dibutuhkan. Semakin ekonomis kegiatan penambangan yang dilakukan maka dapat memberikan nilai penghasilan keuntungan yang baik.

Tabel 18. Cost Berdasarkan Ukuran Kedalaman *Stemming* dan penggunaan *Cutting Bor* sebagai Material *stemming*

T (m)	Biaya Bahan Peledak/ lbg (\$)	Biaya Material <i>Stemming</i> / lbg (\$)	Total /Lbg (\$)
Material <i>Stemming</i> Cutting Bor			
1,6	12.88551	0	12.88551
1,7	12.67989	0	12.67989
1,8	12.20011	0	12.20011

Tabel 19. Cost Berdasarkan Ukuran Kedalaman *Stemming* dan penggunaan Batu Split 1-2 cm sebagai Material *stemming*

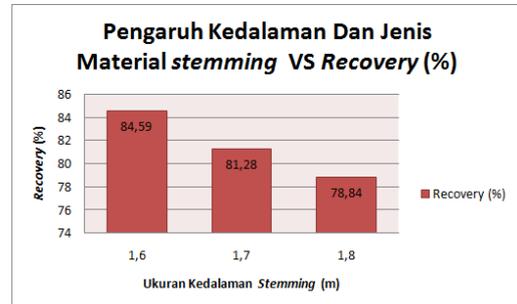
T (m)	Biaya Bahan Peledak/ lbg (\$)	Biaya Material <i>Stemming</i> / lbg (\$)	Total /Lbg (\$)
Material <i>Stemming</i> Batu split 1-2 cm			
1,6	12.88551	0.167	13.05264
1,7	12.67989	0.178	12.85746
1,8	12.20011	0.188	12.38813



Gambar 20. Grafik Pengaruh Kedalaman *Stemming* dan Material *Stemming* terhadap Biaya Peledakan

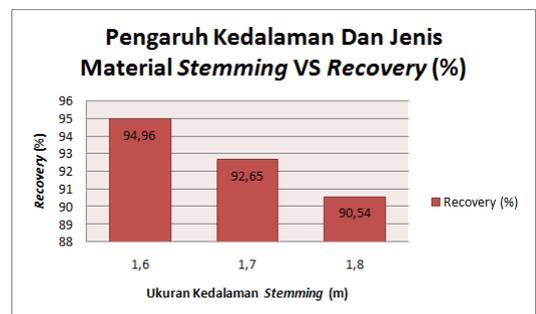
4.6.3 Pengaruh Ukuran Kedalaman *Stemming* dan Jenis Material *Stemming* Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Aktual

Dapat dilihat pengaruh ukuran kedalaman *stemming* dan jenis material *stemming* terhadap hasil *recovery* *blasting* dapat dilihat pada gambar 21 dan gambar 22.



Gambar 22. Pengaruh Kedalaman dan Jenis Material *stemming* menggunakan *cutting bor* terhadap hasil *recovery*

Pada gambar 22 diatas dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran kedalaman *stemming* maka semakin baik *recovery* yang akan didapatkan nilai *recovery* yang didapatkan pada saat menggunakan kedalaman 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m dan menggunakan jenis material *stemming cutting* di dapatkan *recovery* berturut-turut sebesar 84,59%, 81,28%, dan 78,84%. Akan tetapi hasil *recovery* tersebut belum sesuai dengan target yang diinginkan oleh perusahaan yaitu sebesar 90%. Sedangkan pada saat menggunakan ukuran kedalaman yang sama akan tetapi menggunakan batu split 1-2 cm yang digunakan sebagai material *stemming* dapat dilihat pada gambar 23 dibawah ini.



Gambar 23. Pengaruh Kedalaman dan Jenis Material *stemming* menggunakan *cutting bor* terhadap hasil *recovery*

Dari gambar 23 memaparkan hasil *recovery* yang didapatkan pada saat menggunakan kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m dan menggunakan batu split 1-2 cm sebagai material *stemming* di dapatkan *recovery* berturut-turut sebesar 94,96%, 92,65%, dan 90,54%. Hal ini membuktikan bahwasanya ukuran kedalaman dan jenis penggunaan material *stemming* batu split 1-2 cm sudah dapat memenuhi target *recovery* yang diinginkan oleh pihak perusahaan (90%).

4.7 Rancangan Usulan Ukuran Kedalaman *stemming* dan pemilihan Material *stemming*

4.7.1 Rancangan Ukuran Kedalaman *Stemming*

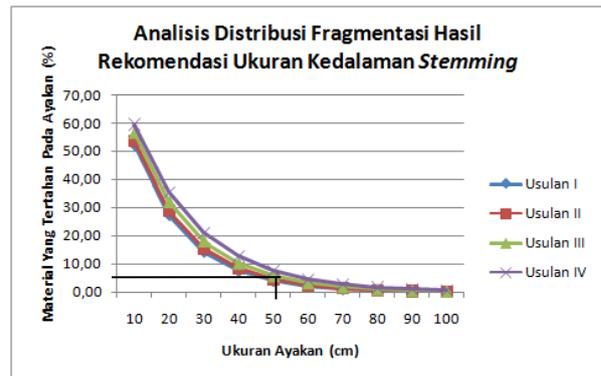
Rancangan ukuran kedalaman ini dilakukan untuk dapat melakukan *improvement* yang bertujuan untuk dapat menghasilkan fragmentasi yang baik dan seragam dengan ukuran boulder < 15 % pada ukuran 50 cm, dan untuk mencapai target *recovery* peledakan $\geq 90\%$. Berikut ini merupakan rekomendasi ukuran kedalaman *stemming* dengan menggunakan rumus R.L Ash yang dibuat terdiri dari empat rancangan ukuran kedalaman *stemming* hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 20. Rekomendasi Ukuran Kedalaman Peledakan menggunakan teori R.L Ash

No.	Parameter	usulan 1	usulan 2	usulan 3	usulan 4	Satuan
1	Burden (B)	2	2	2	2	m
2	Spasi (S)	2	2	2	2	m
3	Stemming (T)	1,5	1,6	1,8	2	m
4	Powder Column (PC)	4,5	4,4	4,2	4	m
5	Loading Density (de)	3,874	3,874	3,874	3,874	kg/m
6	Berat Total Isian (Q)	17,433	17,046	16,271	15,496	kg/lbg
Hasil Fragmentasi Peledakan berdasarkan Rumus Kuz-Ram						
1	Ukuran Fragmentasi Batuan Rata-rata (Xm)	16,20	16,43	16,92	17,45	cm
2	Indeks Keseragaman (n)	1,37	1,24	1,28	1,22	
3	Karakteristik Ukuran Batuan (Xc)	21,15	21,58	22,52	23,55	cm
4	Persentase Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder (R50)	3,92	4,49	5,85	7,5	%

Berdasarkan tabel diatas pemilihan rancangan ukuran kedalaman yang tepat untuk di uji cobakan yaitu rancangan usulan II. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan ukuran kedalaman *stemming* yaitu:

- 1) Rata-rata fragmentasi (X) yang diperoleh melalui perhitungan kuz-ram ialah 16,43 cm. Nilai fragmentasi rata-rata yang diperoleh tersebut lebih kecil dan rendah di dibandingkan nilai yang di peroleh usulan III, dan usulan IV. Akan tetapi pada usulan I didapatkan nilai fragmentasi rata-rata yang lebih kecil yaitu 16,20 cm akan tetapi usulan I tersebut tidak dapat diuji cobakan dikarena lokasi permukiman warga sangat dekat dengan area penambangan oleh sebab itu untuk meminimalisir terjadinya masalah yang membahayakan permukiman penduduk tersebut. oleh karena itu pemilihan kedalaman *stemming* usulan ke II di pilih dengan tepat.
- 2) Presentase kelolosan batuan pada saringan 50 cm menunjukkan bahwa ukuran kedalaman *stemming* usulan II memberikan nilai kelolosan batuan untuk ukuran saringan 50 cm sebesar 90,07%. Nilai tersebut lebih baik di dibandingkan dengan hasil kelolosan ukuran kedalaman *stemming* usulan III dan usulan IV dan dapat meminimalisir terjadinya hal yang membahayakan. Dapat dilihat pada gambar 54 analisis distribusi fragmentasi hasil peledakan.



Gambar 24. Analisis Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Usulan

4.7.2 Pemilihan Material *Stemming* yang Tepat

Dapat dilihat dari peledakan aktual dengan menggunakan material *stemming* batu split sudah memenuhi target *recovery* tersebut dan menghasilkan hasil fragmentasi yang seragam namun memerlukan biaya tambahan untuk membeli batu split oleh sebab itu perlu adanya *improvement* untuk mencapai kegiatan peledakan yang optimum. Berikut ini merupakan tabel yang memaparkan data biaya peledakan dan *recovery blasting* peledakan aktual dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Biaya Peledakan dan *Recovery Blasting* Aktual

Tanggal	T	Jenis material stemming	Biaya material stemming US/lbg	Total biaya (US)/lbg	Recovery blasting (%)	Boulder (%)	Lolos (%)	Biaya bahan peledak (S)
11 Agustus 2020	1.6	cutting bor	0	12.89	84.59	24.58%	75.42%	12.89
15 Agustus 2020	1.7	cutting bor	0	12.68	81.28	31.78%	68.22%	12.68
18 Agustus 2020	1.8	cutting bor	0	12.2	78.84	39.96%	60.04%	12.2
22 Agustus 2020	1.6	Batu split 1-2 cm	0.167	13.05	94.9	0%	100%	12.89
24 Agustus 2020	1.7	Batu split 1-2 cm	0.178	12.86	92.65	2.83%	97.17%	12.68
27 Agustus 2020	1.8	Batu split 1-2 cm	0.188	12.39	90.54	7.39%	92.61%	12.2

Dari tabel 21 dapat dilihat bahwa penggunaan batu split sebagai material *stemming* dapat menurunkan persentase *boulder* yang terbentuk, meningkatkan % *recovery blasting* peledakan, dengan menggunakan material *stemming* batu split hal ini lebih baik dibandingkan hasil *boulder* dan *recovery blasting* yang dihasilkan pada saat menggunakan material *stemming* cutting bor. Akan tetapi penggunaan material batu split sebagai *stemming* dapat menambah biaya peledakan. hal inilah yang menjadi dasar untuk melakukan *improvement* dalam pencapaian kegiatan peledakan yang optimal dengan menurunkan biaya material *stemming*. Adapun cara yang di buat yaitu melakukan metode pencampuran material *stemming* cutting bor 35% dan batu split 65%. % material batu split digunakan lebih banyak agar dapat menjamin hasil fragmentasi yang terbentuk sesuai dengan target perusahaan hal ini dipilih bertolak ukur dari perbandingan hasil peledakan aktual baik itu menggunakan cutting bor maupun menggunakan batu split serta untuk meminimalisir adanya hasil fragmentasi yang tidak diinginkan oleh perusahaan dan banyaknya pengeluaran *cost* yang tidak sesuai dengan perusahaan, metode pencampuran inilah yang digunakan agar dapat menekan biaya operasional peledakan.

4.8 Penerapan Uji Coba Rancangan Ukuran Kedalaman *Stemming* dan Material *Stemming* Usulan

Setelah dilakukan perhitungan rancangan usulan ukuran kedalaman *stemming*, dan pemilihan material *stemming* peledakan yang tepat menggunakan metode R.L Ash. Maka dipilihlah usulan kedua dengan material *stemming* campuran yang akan diuji coba dilapangan. Geometri Aktual Peledakan dengan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* usulan dan material *stemming* usulan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 22. Geometri Aktual Peledakan dengan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* usulan dan material *stemming* usulan

No.	Tanggal	Material <i>Stemming</i>	Geometri Peledakan Aktual								
			T	B	S	PC	J	D	H	L	n
1.	3 September 2020	Campuran	1,6	2	2	4,4	0,3	0,0762	5,76	5,76	44
2.	5 September 2020	Campuran	1,6	2	2	4,3	0,3	0,0762	5,74	5,74	52

Pada tabel 23 memaparkan data hasil volume peledakan usulan sebagai berikut :

Tabel 23. Volume Aktual Peledakan Usulan 3 September 2020 sampai dengan 5 September 2020

No.	Tanggal	Tanggal	Jenis material <i>stemming</i>	L	B	S	n	Sg (gr/cc)	de (kg/m)	vtsr (BCM)	Mstr (Ton)
1.	3 September 2020	3 September 2020	Campuran	6	2	2	44	0.85	3.874	968	2390,96
2.	5 September 2020	5 September 2020	Campuran	6	2	2	52	0.85	3.874	1194	2949,18

Tabel 24. Volume Peledakan, Jumlah Bahan Peledak Usulan, dan *Powder Factor* (PF).

No.	Tanggal	Jumlah Bahan Peledak (kg)	Volume Rencana (Bcm)	Volume Aktual (Bcm)	Volume Pengangkutan (Bcm)	PF Rencana	PF Aktual
1	03-Sep-20	968	1056	968	879,3538	0.92	1
2	05-Sep-20	1194	1248	1194	1082,0204	0.96	1

Dapat dilihat pada tabel 41 didapatkan pf rata-rata sebesar 1 hal ini telah sesuai dengan pf yang ditetapkan perusahaan.

4.8.1 Distribusi Fragmentasi Batuan Dari Uji Coba Rancangan usulan

Tabel 25. Rangkuman Data Distribusi Fragmentasi Peledakan usulan

No.	Tanggal Peledakan	Material <i>stemming</i>	Lolos (%)	Tertahan (%)
1.	3 September 2020	Campuran	100	0
2.	5 September 2020	Campuran	100	0

Dapat dilihat dari tabel 25 dari peledakan dengan menggunakan ukuran kedalaman usulan, dan menggunakan metode pencampuran material batu split 1-2 cm dan *cutting* bor didapatkan hasil persentase lolos maksimal dengan nilai 100%. Kondisi ini telah mencapai target yang ditetapkan perusahaan yaitu material lolos > 85%.

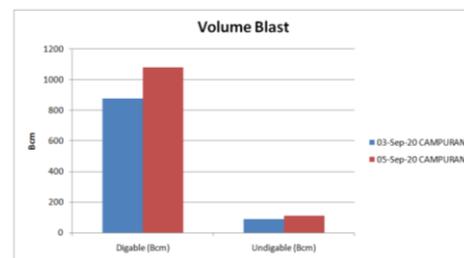
4.8.2 *Recovery* Peledakan Usulan

Pada Tabel 26 dapat dilihat nilai *Recovery* peledakan untuk hasil peledakan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* dan jenis material campuran sebagai berikut.

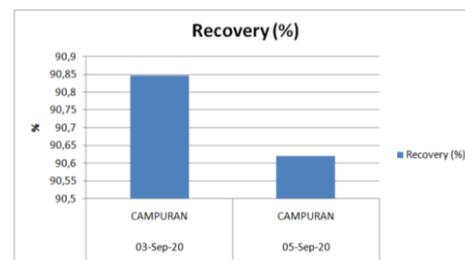
Tabel 26. *Recovery* Peledakan Usulan

Tanggal	<i>Stemming</i>	Volume Peledakan (BCM)	<i>Digable</i> (Bcm)	<i>Undigable</i> (Bcm)	<i>Recovery</i> (%)	Rata-Rata (%)
3 September 2020	CAMPURAN	968	879.4	91.65	90.84	90.72
5 September 2020	CAMPURAN	1194	1082.02	111.9796	90.62	

Berdasarkan Tabel 26, nilai *recovery* peledakan tertinggi dicatat pada tanggal 3 September 2020 dengan nilai 90.84 %. Nilai *recovery* peledakan terendah dicatat pada tanggal 5 September 2020 dengan nilai 90.62%. nilai rata-rata yang diperoleh dari dua kali hasil peledakan usulan ialah 90.72 %. Nilai tersebut telah memenuhi target yang ditetapkan perusahaan $\geq 90\%$. Pada Gambar 25 dan Gambar 26 dilihat grafik yang dapat merepresentasikan hasil dari data yang telah diolah sebelumnya pada Tabel 26.



Gambar 25. Grafik *Volume blast* Hasil Peledakan Usulan



Gambar 26. Grafik *Recovery* Peledakan Usulan

4.8.3 Biaya Bahan Peledak Geometri Peledakan Usulan

Perhitungan biaya bahan peledak dari peledakan usulan meliputi perhitungan jumlah biaya pemakaian PANFO, pemakaian detonator, pemakaian dinamyt, dan penggunaan jenis material *stemming*.

Dibawah ini terdapat hasil perhitungan biaya peledakan geometri aktual dapat dilihat pada Tabel 27 berikut:

Tabel 27. Biaya Bahan Peledak Usulan

No.	Tanggal	Stemming	Dynamit		PANFO		Detonator		Total Biaya (\$)
			N (Kg)	\$	N (Kg)	\$	N	\$	
1	03-Sep-20	Campuran	4,4	12.0630	748	512.6789	44	42.2206	566.0690
2	05-Sep-20	Campuran	5,2	14.2563	884	605.8932	52	49.8971	670.0466

Biaya peledakan usulan yang telah dipaparkan pada tabel 27 nilai tertinggi terdapat pada peledakan yang dilakukan pada tanggal 5 September 2020 dengan nilai total biaya bahan peledak senilai \$ 670.0466 sedangkan nilai terendah biaya bahan peledak senilai \$ 566.0690 pada tanggal 3 September 2020. Biaya material *stemming* dan biaya total peledakan usulan dapat dilihat pada tabel 28 dan tabel 29.

Tabel 28. Biaya Materail *Stemming* Usulan

No.	Tanggal	Stemming	N <i>Stemming</i> (Kg/m ²)	65 % Batu split (\$)	35% <i>cutting</i> Bor (\$)
1	03-Sep-20	Campuran	659.9410	3.1065	0
2	05-Sep-20	Campuran	779.93032	3.6714	0

Tabel 29. Biaya Total peledakan usulan

No.	Tanggal	n	Jenis Material	Total Biaya Peledakan (\$)
1	03-Sep-20	44	Campuran	570.069
2	05-Sep-20	52	Campuran	673.718

Pada tabel 28 dan tabel 29 dapat dilihat bahwa biaya material *stemming* dengan menggunakan *cutting bor* dengan banyak 35 % senilai \$ 0, sedangkan pada saat menggunakan material *stemming* batu split 1-2 cm sebanyak 65% dibutuhkan biaya rata-rata sebesar \$ 3.3889. Dapat dilihat dari tabel 29 biaya total peledakan yang dilakukan pada tanggal 3 September 2020 yaitu \$ 570.069 dan kegiatan peledakan pada tanggal 5 September 2020 sebesar \$ 673.718. Hasil rencana nilai penghasilan peledakan usulan dapat dilihat pada tabel 30.

Tabel 30. Rencana Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Usulan

No.	Tanggal	Stemming	Volume Peledakan (BCM)	Fee (\$)	Cost (\$)	Income (\$)
1	03-Sep-20	Campuran	968	5307.734117	570.069	4737.66512
2	05-Sep-20	Campuran	1194	6546.936504	673.718	5873.2185
					Total Income	10611

Berdasarkan tabel 30 dapat direncanakan nilai penghasilan (*income*) untuk melakukan pemberaian batu andesit PT. Koto Alam Sejahtera dengan total penghasilan \$ 10611. Dengan nilai *fee* \$ 5.48/ Bcm batu andesit. Pada tabel 48 dibawah ini telah memaparkan data aktual nilai penghasilan peledakan usulan.

Tabel 31. Aktual Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Usulan

No.	Tanggal	Stemming	Digable (Bcm)	Fee (\$)	Cost (\$)	Income (\$)
1	03-Sep-20	Campuran	879.4	4821.922916	570.069	4251.85392
2	05-Sep-20	campuran	1082.02	5932.928171	673.718	5259.21017
					Total Income	9511

Tabel 31 memaparkan penghasilan aktual dari kegiatan peledakan usulan dengan total penghasilan sebesar \$ 9511. Pendapatan ini dinyatakan kurang dari pendapatan rencana yaitu sebesar \$ 1.100. Hal ini juga menunjukkan bahwa adanya peningkatan penghasilan dari

peledakan usulan lebih tinggi, dibandingkan pada kegiatan peledakan aktual.

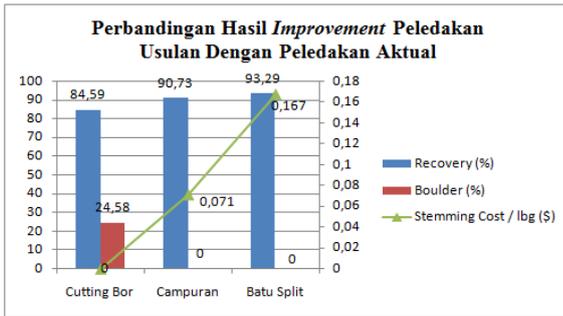
4.9 Hasil Perbandingan Penerapan Rekomendasi dengan Hasil Peledakan Aktual

Pada tabel 32 dibawah ini akan memaparkan perbandingan hasil peledakan aktual dan peledakan rekomendasi.

Tabel 32. Perbandingan Hasil Peledakan Aktual dan Peledakan Usulan

No.	Parameter Pambanding	Peledakan Aktual						Hasil Penerapan Usulan	
		Cutting Bor			Batu Split 1-2 cm			Campuran 65% Batu split + 35% Cutting Bor	
1.	Material <i>Stemming</i>	11 Agustus 2020	15 Agustus 2020	18 Agustus 2020	22 Agustus 2020	24 Agustus 2020	27 Agustus 2020	3 September 2020	5 September 2020
2.	Tanggal Peledakan	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6
3.	Kedalaman <i>Stemming</i> (m)	24,58	31,52	39,96	0	2,83	7,39	0	0
4.	Fragmentasi Hasil Peledak > 50 cm (%)	84,59	81,28	78,84	94,96	97,17	90,34	90,84	90,62
5.	Recovery <i>Blasting</i> (%)								
6.		Cost							
	Biaya Material <i>Stemming</i> /kg (\$)	0	0	0	0,167	0,178	0,188	0,0706	0,0706
	Biaya Bahan peledak /kg (\$)	12.88551	12.67989	12.20011	12.88551	12.67989	12.200112	12.88551	12.88551
	Biaya Total /kg (\$)	12.88551	12.67989	12.200112	13.052639	12.85746	12.38813	12.956114	12.956114

Berdasarkan data yang terpapar pada tabel 32 dapat disimpulkan bahwa hasil peledakan aktual dengan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* aktual dan penggunaan *cutting bor* sebagai material *stemming* lebih membutuhkan biaya peledakan yang lebih kecil, dari analisis pengukuran juga menunjukkan bahwa fragmentasi berukuran *boulder* dapat meningkat dengan bertambahnya ukuran kedalaman *stemming*, akan tetapi hal ini masih menghasilkan persentase terbentuknya fargmentasi hasil peledakan berukuran *boulder* yang cukup besar, dan belum tercapainya target *recovery* 90 %, oleh sebab itu hal ini belum dapat memenuhi target yang diinginkan oleh perusahaan. Penggunaan batu split sebagai material *stemming* dengan menggunakan ukuran kedalaman aktual dapat menurunkan presentase *boulder* yang terbentuk, serta sudah dapat memenuhi target *recovery* perusahaan namun memerlukan biaya tambahan untuk pembelian batu split sebesar \$ 0,167 / lubang atau setara dengan Rp. 2438.4 / lubang. Dan hasil *improvement* pada saat melakukan peledakan usulan dengan menggunakan ukuran kedalaman usulan dari perhitungan R.L Ash dan kombinasi material *stemming* untuk usulan dapat menghasilkan peledakan yang lebih optimum, dapat menurunkan presentase *boulder*, dapat menurunkan *cost* peledakan dan dapat meningkatkan *recovery* hasil peledakan hal ini membuktikan bahwasanya peledakan usulan telah dapat mencapai target baik itu target *recovery*, target fragmentasi yang diinginkan perusahaan. Hal ini dapat diperhatikan dengan rinci pada gambar 27.



Gambar 27. Perbandingan Hasil *improvement* Peledakan Usulan Dengan Peledakan Aktual

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan seperti berikut :

1. Pada saat menggunakan *cutting bor* dan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m. Didapatkan hasil boulder > 50 cm berturut-turut sebesar 24,58 %, 31,52 %, dan 39,96 % maka di dapatkan rata-rata *boulder* sebesar 31,2 %. Sedangkan pada saat menggunakan batu split 1-2 cm dengan ukuran kedalaman 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m didapatkan *boulder* berturut-turut sebesar 0%, 2,83 %, dan 7,39% jika di rata-ratakan didapatkan nilai sebesar 3,1 %. Berdasarkan hasil yang di dapatkan maka ukuran kedalaman *stemming* sangat berpengaruh terhadap hasil fragmentasi yang terbentuk dari analisi pengukuran yang dilakukan menunjukkan bahwa persentase *boulder* akan meningkat dengan bertambahnya ukuran kedalaman *stemming*, selain itu dari pemakaian dua jenis material *stemming* yang berbeda penggunaan material *stemming* batu split 1-2 cm menghasilkan hasil fragmentasi, dan kinerja peledakan yang lebih baik di bandingkan pemakaian *cutting bor*.
2. *Cost* peledakan per lubang pada saat penggunaan *cutting bor* sebagai material *stemming* yang dibutuhkan untuk setiap kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m didapatkan hasil berturut-turut sebesar \$ 12.88551, \$ 12.67989, dan \$ 12.20011 dan untuk biaya penggunaan *stemming* per lubang diperlukan biaya \$ 0. Sedangkan *Cost* peledakan per lubang yang dibutuhkan pada saat menggunakan batu split berturut-turut sebesar \$ 13.0526, \$ 12.8575, dan \$ 12.6798 dan untuk biaya penggunaan *stemming* per lubang diperlukan biaya tambahan sebesar \$ 0.167, \$ 0.178, dan \$ 0.188. Hal ini membuktikan bahwasanya semakin dalam pendek ukuran kedalaman *stemming* maka akan semakin besar biaya bahan peledakan yang dikeluarkan, hal ini berbanding terbalik dengan biaya penggunaan *stemming* semakin panjang ukuran kedalaman *stemming* semakin banyak pula jumlah material *stemming* yang dibutuhkan hal ini akan berpengaruh terhadap *cost* tambahan untuk melakukan pembelian material *stemming*.

3. *Recovery blasting* yang dihasilkan pada saat pemakaian *cutting bor* sebagai material *stemming* dengan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7 m, dan 1,8 m didapatkan berturut-turut hasil sebesar 84, 59 %, 81,28 %, dan 78,84 % didapatkan rata-rata *recovery* sebesar 81, 57%. hal ini membuktikan belum tercapainya target fragmentasi *boulder* maksimal 15%, dan target *recovery* sebesar 90% yang diinginkan oleh perusahaan. Sedangkan *Recovery blasting* yang dihasilkan pada saat menggunakan batu split 1-2 cm didapatkan hasil berturut-turut sebesar 94,9 %, 92,65 %, dan 90,54 dimana rata-rata *recovery* sebesar 92,69 %. Hal ini membuktikan bahwa pemakaian batu split 1-2 cm dengan ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m, 1,7m, dan 1,8 m sudah dapat memenuhi target *recovery* perusahaan. Semakin pendek ukuran kedalaman *stemming* maka semakin baik pula *recovery* yang didapatkan.
4. Rekomendasi pemilihan ukuran kedalaman *stemming* menggunakan teori R.L Ash diperoleh 4 ukuran kedalaman usulan, maka dipilih ukuran kedalaman *stemming* 1,6 m. Dan penggunaan material *stemming* berpatokan terhadap hasil peledakan aktual menggunakan *cutting bor* dan batu split 1-2 cm. Dikarenakan hasil peledakan batu split 1-2 cm lebih baik akan tetapi memerlukan biaya tambahan untuk pembelian material *stemming* maka dilakukan metode pencampuran kedua material untuk menekan biaya pembelian *stemming* maka digunakan pencampuran 65% batu split dan 35 % *cutting bor*. Hasil *improvement* menggunakan ukuran kedalaman *stemming* dan penggunaan kombinasi material *stemming* usulan menjadikan hasil peledakan lebih optimum dengan persen *boulder* rata-rata dari dua kali penerapan yang telah dianalisis menggunakan split dekstop didapatkan *boulder* > 50 cm sebesar 0%, dengan kelulusan 100 %. Nilai *recovery* rata-rata yang didapatkan 90,7% dan dapat menurunkan *cost* operasional peledakan menjadi \$ 12.956114/ lubang. Hal ini membuktikan bahwa semua target yang diinginkan perusahaan dapat terpenuhi.

5.2 Saran

1. Ukuran kedalaman *stemming* dan material *stemming* sangat perlu dipilih dengan hati-hati dikarenakan persentase *boulder* akan cepat bertambah dengan menggunakan ukuran kedalaman *stemming* yang terlalu panjang, serta penggunaan material *stemming* yang tidak tepat akan mengakibatkan efisiensi peledakan akan berkurang.
2. Pada saat melakukan analisis fragmentasi peneliti menggunakan aplikasi split dekstop 2.0 hal ini juga bisa dikembangkan pada saat penelitian- penelitian selanjutnya untuk memprediksi ukuran fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode fotogrametri yang lebih detail, dan dapat menggunakan aplikasinya seperti wipfrag, scanfrag dan sebagainya.
3. Pada saat melakukan analisis fragmentasi menggunakan split dekstop di butuhkan ketelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Afandi, A., Widodo, S., & Jafar, N. 2015. *Studi Pengaruh Kedalaman Lubang Tembak Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Pada PT. Pamapersada Nusantara Site PT. KIDECO Kalimantan Timur*. Jurnal Geomine, Vol 02, 97 – 99.
- [2] Ash, R.L. 1967. *Design of Blasting Round, Surface Mining*. B.A. Kannedy. Editor. Society for mining, metalurgi, and exoloration, PP.565 – 584
- [3] Ash, R.L. 1990. *Design of Blasting Round, Surface Mining*. B.A. Kannedy. Editor. Society for mining, metalurgi, and exoloration, PP.565 – 584
- [4] Cahyadi, I, M., & Kopa, R. 2018. *Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran*. Bina Tambang, 4(1), 140 – 152.
- [5] Cevizci, H., & Ozkahrama, H, T.2012. *The Effect of Blast Hole Stemming Length to Rockpile Fragmentation*. International Journal of Rock Mechanics & Minning Sciences,53, 32 – 35.
- [6] Cunningham, C.V.B., 1983. *The Kuz – Ram Model for Prediction of Fragmentasi from Blasting*. In R. Holmbergh & A Rustan (eds). *Proceedings of First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Lulea. 439 – 454.
- [7] Fazira, M., & Yulhendra, D. 2019. *Kajian Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimal Pada Penambangan Batu Andesit PT. Koto Alam Sejahtera, Kabupaten 50 Kota, Provinsi Sumatra Barat*. Bina Tambang, 5(2), 265 – 274.
- [8] Gomis, 2015. *Identifikasi Tingkat Keseragaman Batuan Hasil Peledakan Dengan Metode Kuz – Ram Dan Metode Koefesien Tekstur Pada Front 1 Tambang Quarry PT. Semen Padang*. Padang. Tugas Akhir Universitas Negeri Padang.
- [9] Handayani, R,L, Husain, J, R, & Budiman, A ,A. 2015. *Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Pada PT. Pamapersada Nusantara Site Adaro Provinsi Kalimantan Selatan*. Jurnal Geomine, Vol 03, 136 – 142.
- [10] Hakim, N, Nurhakim, Kartini, & Ridha, A. 2016. *Batu Split dan Cutting Bor untuk Material Stemming Dalam Kegiatan Pemberaian Batuan Dengan Peledakan*. Info Teknik, 17(2), 263 – 272.
- [11] Hemphill, G., 1981, *Blasting Operation*, McGraw – Hill Book company, United States Of American
- [12] Herman, Widodo, S, & Nurwaskito, A. 2015. *Analisis Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak, Burden, dan Spacing Terhadap Perolehan Fragmentasi Batugamping*. Jurnal Geomine vol 3,184 – 188.
- [13] Hustrulid, William. 1999. *Blasting Principal For Open Pit Mining*. Volume I. U.S.A; Theoretical Foundations Colorado School Of Mines.
- [14] Jemino, Lopez, Carlos, 1995. *Drill and Blast of rock*. Revised and Update Eddition by A.A Blaskena. Rotterdam, Netherlands.
- [15] Koesnaryo, S.,1988. *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*. Fakultas Tambang UPN. Veteran. Yogyakarta.
- [16] Koesnaryo, S., 2001. *Design of Rock Blasting*. Teknik Pertambangan.
- [17] Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Yogyakarta
- [18] Konya, C.J dan Walter, E. J. 1990. *Surface Blast Designt*. New Jersey : Prentice Hall,inct
- [19] Kuznetsov Vm. 1973. *The mean diameter of the fragments formed by blasting rock*. Soviet. Mining science
- [20] Libriyon, Denny Prananda. 2020. *Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan, Digging time dan Recovery Peledakan di Pit B PT. Darma Henwa Tbk Bengalon Coal Project Kalimantan Timur*. Padang. Tugas Akhir Universitas Negeri Padang
- [21] Lily. 1986. *Parameter Klasifikasi dan Pembobotan Batuan Books ltd*. American Company. London
- [22] Priyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Sidiarjo : Zifatana Publishing Edisi Revisi 2016
- [23] Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta, CV
- [24] Sharma, S,K, & Rai, P.2015.*Investigasi of Crushed Aggregate as Stemming Material in Bench Blasting*.Geotec Geol Eng. Banaras Hindu University