

Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu Kapur di *Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup Bogor - Jawa Barat*

Franata Halomoan Sinaga^{1*}, Raimon Kopa¹

¹ Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*franatasinaga699@gmail.com

Abstract. Mining activities at PT Indocement Tunggal Prakarsa use the Quarry method and the process of dismantling the limestone material using blasting methods to meet the production targets and facilitate the loading and hauling process. Each blast requires a fragmentation size ≥ 90 cm of $\leq 5\%$ and a ground vibration that fits the target of the company. However, the reality of the field found that the size of fragmentation does not exceed the target desired by the company because the size of ≥ 90 cm fragmentation of $\pm 11\%$. Improvements in blasting activities need to be done to obtain the size of the target fragmentation by the company. Therefore, one of the way to obtain the size of the target fragmentation is using the double deck primer methods by putting two primers in the bottom and in the centre of the blasting hole with stemming in the centre of the hole for minimalize the ANFO. The method resulting the same energy in all part of the hole and finally minimalize the boulder. The methods that are used to analyze fragmentation of explosive results in this research are theoretically by using Kuz-Ram method and image analysis method by using Split Desktop Software. This is done to determine the percentage of fragmentation of blasting results and take into account the boulder. The results of fragmentation analysis of the blasting results show that the addition of Double deck primer may affect the size of fragmentation. The sizes of fragmentation are ≥ 90 cm (boulder) to 2,27% and ground vibration at < 2 mm / s so the size target of fragmentation that is desired by the company is achieved and the value of ground's vibration is under the value set by the company.

Keywords: Blasting, Fragmentation, Vibration, Cost

1. Pendahuluan

Target produksi batu kapur PT Indocement Tunggal Prakarsa sekitar 60.000 ton/hari. Pada kegiatan penambangan, PT Indocement Tunggal Prakarsa melakukan kegiatan peledakan. Peledakan bertujuan untuk membongkar batuan dari batuan induknya. Kegiatan peledakan hanya diterapkan pada batuan yang *solid* dan keras, sehingga spesifikasi kualitas hasil peledakan harus direncanakan dengan matang. Geometri peledakan berpengaruh terhadap volume bongkaran batuan yang akan diledakkan. Adapun data-data yang dibutuhkan/diperoleh adalah kedalaman lubang ledak, pola peledakan, isian bahan peledak tiap lubang dan jumlah bahan peledak dalam satu kali kegiatan peledakan. Umumnya setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi sesuai dengan target yang diterapkan. Fragmentasi terlalu besar (*boulder*) memerlukan pengolahan lanjutan agar pada proses peremukan batuan

(*crushing*) tidak mengalami masalah dan tidak merusak *crushing*.^[1]

Kegiatan peledakan yang dilakukan PT Indocement Tunggal Prakarsa di *Quarry D Blok 2 Lokasi 198* sering menghasilkan ukuran fragmentasi yang terlalu besar. Sedangkan *crusher* yang terdapat di PT Indocement Tunggal Prakarsa hanya mampu meremukkan batuan yang berukuran ≤ 90 cm sehingga *crusher* mengalami kerusakan karena ukuran batuan yang melebihi ukuran maksimum.

Stiffness ratio yang paling baik adalah *Burden* (B) berbanding Tinggi jenjang (H) yaitu 1:3 sampai 1:4, namun dilokasi penelitian perbandingannya lebih besar yaitu sekitar 1:6 sehingga fragmentasi batuan hasil peledakan pada kolom *stemming* menghasilkan banyak *boulder* mengakibatkan melambatnya proses *Loading*, *Hauling* dan risiko kerusakan alat semakin besar yang pada akhirnya akan mengurangi target produksi.^{[2][3][4]}

Double Deck Primer adalah metode pengisian bahan peledak (*charging*) kedalam lubang ledak (*hole*) dengan susunan dua kolom atau dua tingkat bahan peledak yang dipisahkan oleh material (*stemming*) antar kedua bahan peledak tersebut. Pada metode *Double Deck primer*, susunan bahan peledak pada setiap lubang ledak yaitu detonator dengan ikatan *Power gel (Primer)*, ANFO, *stemming* dalam, Detonator dengan *Power gel (primer)* lagi, ANFO lagi, dan *stemming* luar. Cara ini dapat memperkecil *stiffness ratio* serta menghemat pemakaian bahan peledak, sehingga metode ini diharapkan dapat memberikan hasil fragmentasi yang lebih baik begitu juga dengan aspek lainnya.^[5]

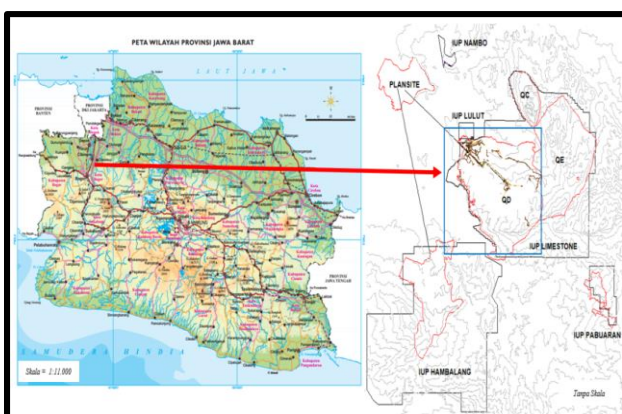
Getaran peledakan adalah getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan di tambang terbuka yang berpengaruh terhadap keutuhan bangunan. Besarnya tingkat getaran dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan peledak yang digunakan per waktu tunda (*delay*) sama, struktur batuan dan desain peledakan. Adapun getaran yang dihasilkan pada saat peledakan ada dua yaitu getaran tanah (*ground vibration*) dan getaran udara (*airblast*). Untuk target perusahaan mengharuskan PPV yang dihasilkan kurang dari 2,00 mm/s.^[6]

Biaya peledakan merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan suatu proses yang berhubungan dengan peledakan dimana membandingkan antara biaya bahan peledak yang digunakan dengan tonase yang dihasilkan. Biaya bahan peledak adalah biaya yang digunakan untuk pemakaian semua bahan peledak dalam melakukan kegiatan peledakan.^[7]

2. Lokasi Penelitian

Secara administratif, *Quarry D* PT ITP Citeureup beroperasi di Desa Lulut, Kecamatan Klapa Nunggal, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Quarry D* terletak di koordinat astronomis pada garis lintang $06^{\circ}30' 6,5''$ LS dan garis bujur $106^{\circ}55' 39''$ BT. Lokasi *Quarry D* terletak di sekitar 45 km sebelah tenggara Kota Jakarta dan 17 km sebelah timur laut Kota Bogor.^[1]

Data penelitian yang diambil meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diantaranya dokumentasi fragmentasi, jumlah handak, data getaran hasil peledakan dan geometri peledakan.



Gambar 1. Peta situasi Pit Timur PT. ITP

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli tahun 2017. Lokasi penelitian di Desa Lulut gunung putri, Kecamatan. Klapanunggal Kabupaten. Bogor Provinsi Jawa Barat.

3.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam memecahkan permasalahan adalah dengan menggabungkan antara teori dan data-data lapangan (*data primer*) sehingga diharapkan dari keduanya didapatkan penyelesaian masalah.

Adapun urutan metodologi penelitian ini yaitu Mempelajari buku – buku, *literature* yang membahas tentang permasalahan yang diangkat dalam laporan ini, Seperti skripsi, makalah, jurnal, laporan – laporan perusahaan yang menyangkut masalah peledakan. Data-data tersebut berupa teori yang menyangkut tentang metode peledakan khususnya peledakan aktual (*bottom primer*) dan teori tentang metode *Double Deck Primer*, getaran hasil peledakan dan perhitungan biaya bahan peledak.

Selanjutnya adalah melakukan penelitian. Untuk metode peledakan aktual dilakukan pada tanggal 17 juli 2017 sampai tanggal 21 juli 2017, sedangkan untuk metode *Double deck primer* akan dilakukan pada tanggal 24 juli 2017 sampai 27 juli 2017.

Data yang didapatkan dalam pengamatan lapangan (*data primer*) berupa dokumentasi fragmentasi selama penelitian dari masing-masing metode serta data hasil getaran dari alat BLASMATE III. Data *sekunder* merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini, data tersebut berupa Lokasi dan kesampaian daerah, stratigrafi dan karakteristik massa batuan, data curah hujan, standar *stemming* dan harga bahan peledak.

Setelah data primer dan data sekunder didapatkan selanjutnya dapat dilakukan pengolahan data. Perhitungan hasil fragmentasi menggunakan metode *Kuzram* dan *software split desktop*, perhitungan getaran menggunakan rumus *SD* dan *PPV* dan menggunakan alat BLASMATE III serta perhitungan biaya peledakan dengan menghitung harga masing-masing bahan peledak yang didapat dari data sekunder.

Setelah dilakukan pengolahan data selanjutnya dilakukan analisis perbandingan antara metode peledakan Aktual dan *Double deck primer* baik dari segi hasil fragmentasi, hasil getaran serta biaya yang dibutuhkan.

Selanjutnya hasil analisis metode *Double deck primer* diharapkan memberikan hasil yang lebih baik daripada metode peledakan aktual.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer berupa data geometri peledakan, jumlah handak yang digunakan, data getaran hasil peledakan serta foto fragmentasi. Data sekunder berupa data curah hujan dan harga masing-masing bahan peledak.

3.3 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menghitung distribusi fragmentasi dengan menggunakan perhitungan metode *Kuz-ram* dan *Split Desktop*, menghitung getaran hasil peledakan dengan menggunakan hukum *Scale Distance* dan menggunakan alat BLASMATE III, serta menghitung biaya bahan peledak berdasarkan harga dan jumlah bahan peledak yang digunakan.^[6]

3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis perbandingan data hasil pengolahan baik untuk ukuran fragmentasi, getaran hasil peledakan dan biaya bahan peledak yang digunakan.

3.4.1 Perhitungan Fragmentasi

Perhitungan fragmentasi menggunakan dua metode yaitu metode *Kuz-ram* untuk menghitung secara prediksi dan menggunakan *software split desktop* untuk perhitungan melalui dokumentasi foto fragmentasi setelah kegiatan peledakan.

Metode *Kuz-ram*

Menurut Calvin J.Konya, et al dalam Wahyu (2016) Model *Kuz-Ram* merupakan gabungan dari persamaan *Kuznetsov* dan persamaan *Rossin-Rammler*. Persamaan *Kuznetsov* memberikan ukuran fragmen batuan rata-rata dan persamaan *Rossin-Rammler* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu. Persamaan *Kuznetsov* (1973) dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.^{[8][9][10][11]}

$$\bar{X} = A x \left[\frac{V_0}{Q} \right]^{0,8} x Q^{0,17} x \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63} \quad (1)$$

Keterangan :

\bar{X} = Ukuran Fragmentasi batuan rata-rata (cm)

A = Faktor Batuan

V_0 = Volume batuan perlubang tembak dalam m^3

Q = Berat handak perlubang (Kg)

E = RWS handak: ANFO = 100

Indeks n adalah indeks keseragaman, artinya jika nilai n semakin besar maka fragmentasi yang dihasilkan semakin seragam. Jika nilai n semakin kecil maka fragmentasi yang dihasilkan ukurannya tak terkontrol, dimana akan terjadi bongkahan yang sangat besar atau sangat kecil. Untuk mencari indeks keseragaman dapat dilihat dari persamaan:^{[8][9][10][11]}

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

Keterangan :

n = Indeks keseragaman

B = *Burden* (m)

D = Diameter lubang (mm)

W = Standar deviasi dari keakuratan pengeboran (m)

A = *Ratio* spasi/*burden*

PC = *Powder Coloumn* (m)

H = Tinggi jenjang (m)

Untuk menentukan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan persamaan *Rossin-Rammler*:

$$Xc = \frac{\bar{X}}{(0,693)^{\frac{1}{n}}} \quad (3)$$

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

Keterangan :

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

x = Ukuran ayakan (cm)

n = Indeks keseragaman

R = Material yang tertinggal pada ayakan (%)

e = Nilai eksponen yaitu : 2,71828

\bar{X} = Ukuran Fragmentasi batuan rata-rata (cm)

Metode *Software Split Desktop*

Menurut F.I.Siddiqi, et al (2009:83-91) Teknik Pengukuran fragmentasi terbaru menggunakan *software* pengolahan gambar digital diharapkan dapat menganalisis distribusi batuan hasil peledakan cepat dan akurat. *Software* pengolah gambar digital telah dikembangkan sejak tahun 1990-an. ^{[6][12]} Ada beberapa *software* untuk menganalisis distribusi batuan yaitu *Split Dekstop*, *WipFrag*, *GoldSize*, *TUCIPS*, *CIAS*, *PowerSieve*, *IPACS*, *KTH*, *WIEP*, dll. Keakuratannya bervariasi antara 2 % sampai 20 %. Pada penelitian ini, digunakan *Software* demo *Split Dekstop* untuk perhitungan distribusi ukuran. Sistem *split* merupakan program perhitungan distribusi fragmentasi dari batuan melalui analisis gambar digital *grayscale* yaitu gambar dengan gradasi warna hitam dan putih. Gambar digital *grayscale* dapat diperoleh secara manual melalui kamera digital, *capture* dari individual video, atau melalui scan foto. Subjek dari gambar-gambar ini berupa fragmen batuan dari hasil peledakan. Setelah gambar diambil dan disimpan di komputer, perangkat lunak *Split Desktop* memiliki lima langkah progresif untuk menganalisis setiap gambar sebagai berikut:

1. *Scale Image*
Menentukan skala yang akan ditentukan untuk setiap gambar yang diambil di lapangan.
2. *Find Particle*
Melakukan penggambaran otomatis dari fragmentasi pada masing-masing gambar yang di proses dan memungkinkan untuk diedit dengan cara didelineasi untuk memastikan hasil akurat.
3. *Done Editing*
Edit fragmen selesai dan disimpan di komputer.
4. *Compute Size*
Melibatkan perhitungan distribusi ukuran berdasarkan fragmen yang digambarkan.
5. *Graphs and Output*
Menyangkut grafik dan berbagai output untuk menampilkan informasi distribusi fragmentasi yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan yang telah ada pada gambar.

3.4.2 Perhitungan Getaran

Perhitungan getaran hasil peledakan menggunakan dua metode yaitu metode hukum *scale distance* untuk menghitung secara prediksi dan menggunakan alat BLASMATE III untuk perhitungan aktual dimana alat akan diposisikan 1000 meter dari lokasi peledakan.

Hukum *Scale Distance*

Scale distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran dan energi ledakan di udara. Rumus diatas dapat dituliskan sebagai berikut^[13]:

$$SD = \frac{d}{\sqrt{w}} \quad (5)$$

Keterangan :

$$SD = \text{Scaled Distance} \left(\frac{m}{\sqrt{kg}} \right)$$

d = Jarak Blasmate III dari lokasi peledakan (m)

w = Jumlah handak maksimum per waktu tunda (kg)

$$PPV = K (SD)^m \quad (6)$$

Keterangan :

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

K = Konstanta = 715,3

M = Konstanta = -1,51

Perhitungan Menggunakan Blastmate III

Blastmate III diletakkan dalam jarak 1000 meter dari lokasi peledakan sebagai jarak aman dari lokasi peledakan untuk suatu alat dan sebagai jarak minimum untuk pengukuran getaran peledakan pada Blastmate III. Kemudian, Blastmate III disambungkan dengan *geophone* sebagai *transducer standard* dan *geophone* sebagai *transducer triaxial* serta menyambungkan *microphone* untuk mengukur suara peledakan. *Geophone* inilah yang akan merekam dan mengukur gelombang selama peledakan.

Hasil Rekaman Blastmate III kemudian diolah menggunakan aplikasi *Blastware* pada komputer. Dimana gelombang pada saat getaran dimasukkan ke dalam grafik baku tingkat getaran peledakan yang akan menunjukkan tingkat keamanan suatu bangunan terhadap getaran peledakan.

3.4.3 Perhitungan Biaya Bahan Peledak

Biaya peledakan merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan suatu proses yang berhubungan dengan peledakan dimana membandingkan antara biaya bahan peledak yang digunakan dengan tonase yang dihasilkan.

Tabel 1. Harga Bahan Peledak

| No. | Bahan Peledak | Harga |
|-----|---------------|-----------------|
| 1 | Anfo | Rp. 6.800/kg |
| 2 | Power Gel | Rp. 6.577/buah |
| 3 | Detonator | Rp. 13.686/buah |

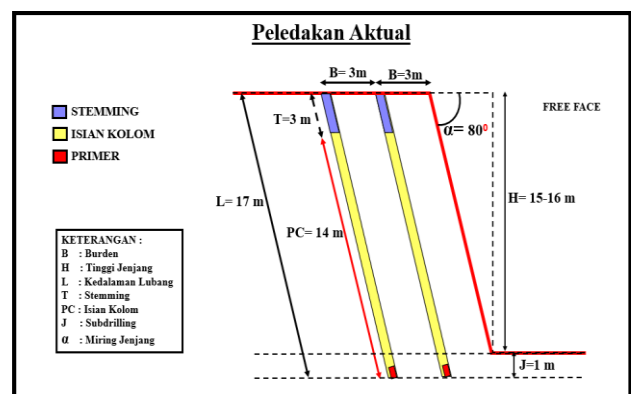
Sumber : PT. Indocement Tunggal prakarsa

4. Hasil dan Pembahasan

Analisis dapat dilakukan setelah fragmentasi batuan, hasil getaran dan biaya bahan peledak pada metode peledakan aktual maupun metode *double deck primer* didapatkan.

4.1 Peledakan Aktual

Peledakan aktual di lapangan adalah peledakan yang menggunakan metode *Bottom primer*. Metode ini digunakan karena lebih mudah dari segi pengerjaan dan lebih cepat dari segi efisiensi waktu. Susunan bahan peledak dalam lubang ledak adalah berupa ikatan *detonator* dengan *power gel (primer)*, ANFO selanjutnya diisi dengan *Cutting* di sekitar lubang ledak yang disebut dengan *stemming*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Sketsa Peledakan Aktual

Data aktual di lapangan yaitu berupa data geometri peledakan yang telah ditetapkan oleh perusahaan PT Indocement Tunggal Prakarsa. Data aktual geometri peledakan terdapat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Geometri Peledakan Aktual

| Tanggal | D (inci) | B (m) | S (m) | T (m) | J (m) | H (m) |
|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17 Juli | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 | 16 |
| 19 Juli | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 | 16 |
| 20 Juli | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 | 16 |
| 21 Juli | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 | 16 |

4.1.1 Perhitungan Fragmentasi

Metode *Kuz-ram*

Prediksi ukuran fragmentasi rata-rata hasil peledakan aktual untuk keseluruhan data yaitu 34,02 cm, persentase *boulder* 0,52 % dan persentase lolos ayakan ukuran 90 cm sebanyak 99,48 % seperti pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Perhitungan Metode *Kuz-ram* Peledakan Aktual

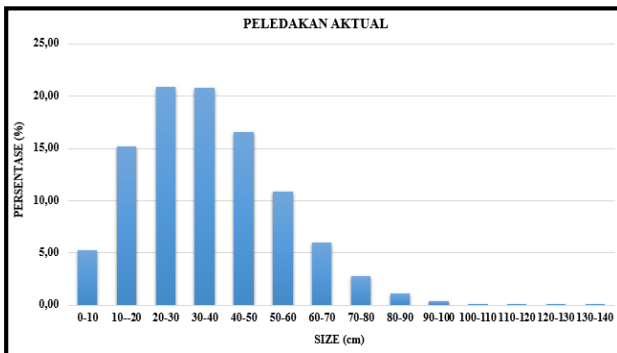
| Metode <i>Kuz-ram</i> | X(cm) | n | Xc (cm) | R (%) | Y (%) |
|-----------------------|-------|------|---------|-------|-------|
| Perhitungan prediksi | 34,02 | 2,08 | 40,56 | 0,52 | 99,48 |

Untuk mendapatkan grafik distribusi fragmentasi, perlu didapatkan hasil dari persentase material ukuran dari 0 cm hingga 140 cm. Dengan menggunakan rumus Persentase material (R), maka didapatkan hasilnya pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual

| SIZE | % FRAGMENTASI |
|---------|---------------|
| 0-10 | 5,26 |
| 10-20 | 15,21 |
| 20-30 | 20,86 |
| 30-40 | 20,81 |
| 40-50 | 16,56 |
| 50-60 | 10,88 |
| 60-70 | 6,00 |
| 70-80 | 2,80 |
| 80-90 | 1,11 |
| 90-100 | 0,37 |
| 100-110 | 0,11 |
| 110-120 | 0,03 |
| 120-130 | 0,01 |
| 130-140 | 0,00 |
| %R | 0,52 |
| %Y | 99,48 |

Dari tabel 4 di atas dapat dibuat grafik hubungan persen kumulatif material dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan dengan menggunakan metode *Kuz-ram* seperti gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual Metode *Kuz-ram*

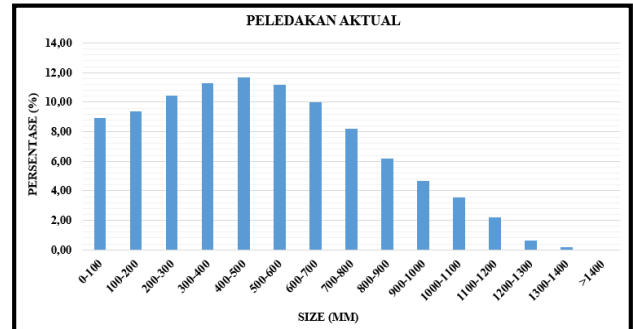
Software Split Desktop

Semua foto dokumentasi fragmentasi dari lapangan diolah dengan menggunakan *software Split Desktop*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Distribusi Fragmentasi *Split Desktop* Aktual

| SIZE | 17-Jul-17 | 19-Jul-17 | 20-Jul-17 | 21-Jul-17 | RATA-RATA |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-100 | 10,32 | 5,83 | 11,27 | 8,35 | 8,94 |
| 100-200 | 11,35 | 8,20 | 9,97 | 7,96 | 9,37 |
| 200-300 | 11,90 | 11,04 | 9,20 | 9,54 | 10,42 |
| 300-400 | 11,29 | 13,24 | 10,29 | 10,21 | 11,26 |
| 400-500 | 11,37 | 13,92 | 11,07 | 10,44 | 11,70 |
| 500-600 | 9,90 | 12,98 | 11,59 | 10,20 | 11,17 |
| 600-700 | 9,17 | 10,93 | 10,50 | 9,38 | 9,99 |
| 700-800 | 7,70 | 8,83 | 8,80 | 7,51 | 8,21 |
| 800-900 | 6,59 | 5,69 | 6,53 | 5,85 | 6,17 |
| 900-1000 | 4,63 | 3,82 | 5,15 | 5,02 | 4,65 |
| 1000-1100 | 2,74 | 3,30 | 3,64 | 4,60 | 3,57 |
| 1100-1200 | 1,36 | 1,51 | 2,33 | 3,54 | 2,18 |
| 1200-1300 | 0,07 | 0,07 | 1,02 | 1,38 | 0,63 |
| 1300-1400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,16 |
| >1400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| %R | 8,79 | 8,70 | 12,14 | 15,18 | 11,21 |
| %Y | 91,21 | 91,30 | 87,86 | 84,82 | 88,80 |

Dari Tabel 5 didapatkan persentase *boulder* rata-rata hasil peledakan aktual menggunakan *software split desktop* untuk keseluruhan data hampir mencapai 11,21 % dan persentase lolos ayakan ukuran 90 cm lebih dari 88,80 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Distribusi Fragmentasi *Split Desktop* Peledakan Aktual

4.1.2 Perhitungan Getaran

Nilai Konstanta (K) dan Konstanta (m) adalah -1,51 dan 715,58.

Hukum Scale Distance

Untuk getaran tanah secara teoritis/prediksi dihitung menggunakan hukum *scaled distance* berdasarkan data-data geometri peledakan pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Scale Distance Peledakan Aktual

| Tanggal | Scale Distance (mm/s) |
|-----------|-----------------------|
| 17-Jul-17 | 1,12 |
| 19-Jul-17 | 1,52 |
| 20-Jul-17 | 1,12 |
| 21-Jul-17 | 1,52 |

Perhitungan Menggunakan Blasmate III

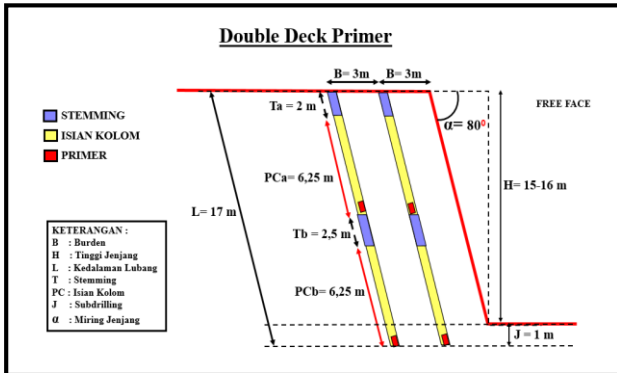
Dengan adanya kegiatan peledakan, getaran peledakan dapat diukur dengan menggunakan alat **Blastmate III** dari jarak 1000 meter. Blastmate III sendiri berfungsi sebagai alat pengukur getaran peledakan dan suara peledakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. PVS Peledakan Aktual dari Blasmate III

| Tanggal | PPV (mm/s) |
|--------------|------------|
| 17 Juli 2017 | 1,21 |
| 19 Juli 2017 | 1,37 |
| 20 Juli 2017 | 1,22 |
| 21 Juli 2017 | 0,91 |

4.2 Double Deck Primer

Double Deck Primer adalah metode pengisian bahan peledak (*charging*) kedalam lubang ledak (*hole*) dengan susunan dua kolom atau dua tingkat bahan peledak yang dipisahkan oleh material (*stemming*) antar kedua bahan peledak tersebut. Pada metode *Double Deck primer*, susunan bahan peledak pada setiap lubang ledak yaitu detonator dengan ikatan *Power gel (Primer)*, ANFO, *stemming* dalam, Detonator dengan *Power gel (primer)* lagi, ANFO lagi, dan *stemming* luar. Untuk metode ini, data yang digunakan terdapat seperti gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Sketsa *Double Deck Primer*

Data usulan di lapangan yaitu berupa data geometri peledakan dengan menggunakan metode *double deck* atau *double deck primer*. Data usulan geometri peledakan metode *double deck* terdapat pada tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Geometri Peledakan *Double Deck Primer*

| Tanggal | B (m) | S (m) | Ta (m) | Tb (m) | J (m) | H (m) |
|---------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| 24 Juli | 3 | 5 | 2 | 2,5 | 1 | 16 |
| 25 Juli | 3 | 5 | 2 | 2,5 | 1 | 16 |
| 26 Juli | 3 | 5 | 2 | 2,5 | 1 | 16 |
| 27 Juli | 3 | 5 | 2 | 2,5 | 1 | 16 |

4.2.1 Perhitungan Fragmentasi

Metode *Kuz-ram*

Dari Tabel 9 di bawah didapatkan ukuran fragmentasi rata-rata hasil peledakan usulan untuk keseluruhan data senilai 36,53 cm, persentase *boulder* 2,45 % dan persentase lolos ayakan ukuran 90 cm sebanyak 97,55 %.

Tabel 9. Perhitungan Metode *Kuz-Ram Double Deck Primer*

| Metode <i>Kuz-ram</i> | X(cm) | n | Xc (cm) | R (%) | Y (%) |
|-----------------------|-------|------|---------|-------|-------|
| Perhitungan prediksi | 36,53 | 1,86 | 44,49 | 2,45 | 97,55 |

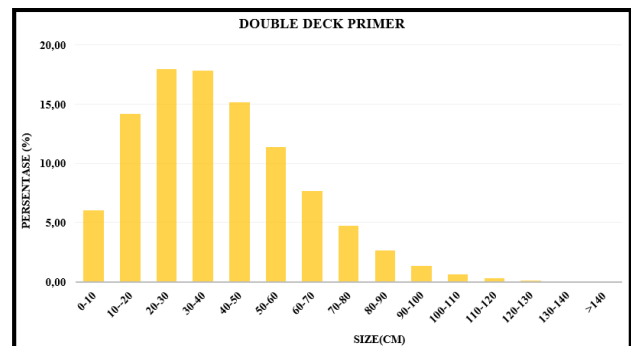
Untuk mendapatkan grafik distribusi fragmentasi, perlu didapatkan hasil dari persentase material ukuran dari 0 cm hingga 140 cm. Dengan menggunakan rumus 'Persentase

material (R)' seperti di atas, maka didapatkan hasilnya pada tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Distribusi Fragmentasi Metode *Kuz-ram Double Deck Primer*

| SIZE | % FRAGMENTASI |
|---------|---------------|
| 0-10 | 6,03 |
| 10-20 | 14,19 |
| 20-30 | 17,92 |
| 30-40 | 17,83 |
| 40-50 | 15,17 |
| 50-60 | 11,39 |
| 60-70 | 7,69 |
| 70-80 | 4,71 |
| 80-90 | 2,63 |
| 90-100 | 1,35 |
| 100-110 | 0,64 |
| 110-120 | 0,28 |
| 120-130 | 0,11 |
| 130-140 | 0,04 |
| >140 | 0,02 |
| %R | 2,45 |
| %Y | 97,55 |

Dari tabel 10 di atas dapat dibuat grafik hubungan persen kumulatif material dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan dengan menggunakan metode *Kuz-ram* seperti gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Distribusi Fragmentasi *Double Deck Primer* Metode *Kuz-ram*

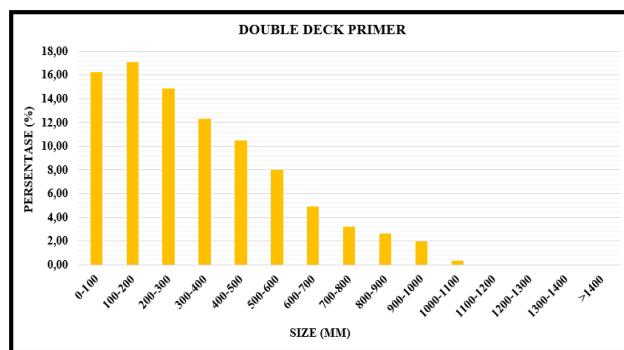
Software Split Desktop

Semua foto dokumentasi fragmentasi dari lapangan diolah dengan menggunakan *software Split Desktop*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11. Distribusi Fragmentasi *Split Desktop Double Deck Primer*

| SIZE | 24-Jul-17 | 25-Jul-17 | 26-Jul-17 | 27-Jul-17 | RATA-RATA |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-100 | 12,16 | 19,44 | 15,00 | 18,36 | 16,24 |
| 100-200 | 17,41 | 17,95 | 15,28 | 17,64 | 17,07 |
| 200-300 | 15,97 | 13,80 | 14,74 | 15,10 | 14,90 |
| 300-400 | 12,65 | 11,85 | 12,15 | 12,73 | 12,34 |
| 400-500 | 9,92 | 9,09 | 11,93 | 11,07 | 10,50 |
| 500-600 | 7,85 | 7,28 | 8,59 | 8,24 | 7,99 |
| 600-700 | 5,69 | 4,18 | 5,34 | 4,52 | 4,93 |
| 700-800 | 4,64 | 2,80 | 2,84 | 2,61 | 3,22 |
| 800-900 | 4,24 | 2,49 | 2,16 | 1,58 | 2,62 |
| 900-1000 | 3,26 | 1,62 | 1,07 | 1,83 | 1,95 |
| 1000-1100 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 |
| 1100-1200 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1200-1300 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1300-1400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| >1400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| %R | 4,54 | 1,62 | 1,07 | 1,83 | 2,27 |
| %Y | 95,46 | 98,38 | 98,93 | 98,17 | 97,73 |

Dari Tabel 11 diatas didapatkan persentase *boulder* rata-rata hasil peledakan usulan untuk keseluruhan data senilai 2,27 % dan persentase lolos ayakan ukuran 90 cm sebanyak 97,73 % seperti pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik Distribusi Fragmentasi *Split Desktop Double Deck Primer*

4.2.2 Perhitungan Biaya Bahan Peledak

Nilai Konstanta (K) dan Konstanta (m) adalah -1,51 dan 715,58.

Hukum *Scale Distance*

Untuk getaran tanah secara teoritis/prediksi dihitung menggunakan hukum *scaled distance* berdasarkan data-data geometri peledakan pada tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. *Scale Distance Double Deck Primer*

| TANGGAL | <i>Scale Distance</i> (mm/s) |
|-----------|------------------------------|
| 24-Jul-17 | 1,03 |
| 25-Jul-17 | 1,40 |
| 26-Jul-17 | 1,03 |
| 27-Jul-17 | 1,03 |

Perhitungan Menggunakan *Blasmate III*

Dengan adanya kegiatan peledakan, getaran peledakan dapat diukur dengan menggunakan alat **Blastmate III** dari jarak 1000 meter. *Blastmate III* sendiri berfungsi sebagai alat pengukur getaran peledakan dan suara peledakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. *PVS Double Deck* dari *Blasmate III*

| Tanggal | <i>PPV</i> (mm/s) |
|--------------|-------------------|
| 17 Juli 2017 | 1,21 |
| 19 Juli 2017 | 1,37 |
| 20 Juli 2017 | 1,22 |
| 21 Juli 2017 | 0,91 |

4.3 Perbandingan Fragmentasi

Pada hasil peledakan dari kedua metode yang digunakan, ternyata hasilnya berbanding terbalik. Pada peledakan aktual dengan menggunakan metode *Kuz-ram*, fragmentasi yang dihasilkan yaitu 99,48% dengan rata-

rata *boulder* 0,52%. Sementara peledakan aktual dengan menggunakan *software split desktop*, fragmentasi yang dihasilkan yaitu 88,80% dengan rata-rata *boulder* sebesar 11,21%. Pada peledakan *double deck primer* dengan menggunakan metode *Kuz-ram*, fragmentasi yang dihasilkan yaitu 97,55% dengan rata-rata *boulder* 2,45%. Sementara peledakan *double deck primer* dengan menggunakan *software split desktop*, fragmentasi yang dihasilkan yaitu 97,73% dengan rata-rata *boulder* sebesar 2,27%.

Perbandingan fragmentasi hasil peledakan aktual dengan fragmentasi metode *Double Deck Primer* dapat dilihat dari tabel 14 di bawah ini.

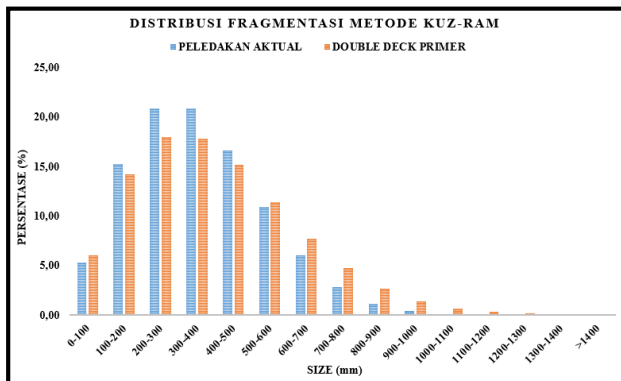
Tabel 14. Perbandingan Fragmentasi Metode *Kuz-ram* dan *Split Desktop*

| SIZE (mm) | KUZ-RAM | | SPLIT DESKTOP | |
|-----------|---------|-------------|---------------|-------------|
| | AKTUAL | DOUBLE DECK | AKTUAL | DOUBLE DECK |
| 0-100 | 5,26 | 6,03 | 8,94 | 16,24 |
| 100-200 | 15,21 | 14,19 | 9,37 | 17,07 |
| 200-300 | 20,86 | 17,92 | 10,42 | 14,90 |
| 300-400 | 20,81 | 17,83 | 11,26 | 12,34 |
| 400-500 | 16,56 | 15,17 | 11,70 | 10,50 |
| 500-600 | 10,88 | 11,39 | 11,17 | 7,99 |
| 600-700 | 6,00 | 7,69 | 9,99 | 4,93 |
| 700-800 | 2,80 | 4,71 | 8,21 | 3,22 |
| 800-900 | 1,11 | 2,63 | 6,17 | 2,62 |
| 900-1000 | 0,37 | 1,35 | 4,65 | 1,95 |
| 1000-1100 | 0,11 | 0,64 | 3,57 | 0,32 |
| 1100-1200 | 0,03 | 0,28 | 2,18 | 0,00 |
| 1200-1300 | 0,01 | 0,11 | 0,63 | 0,00 |
| 1300-1400 | 0,00 | 0,04 | 0,16 | 0,00 |
| >1400 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| %R | 0,52 | 2,45 | 11,21 | 2,27 |
| %Y | 99,48 | 97,55 | 88,80 | 97,73 |

Prediksi perhitungan menggunakan metode *Kuz-ram* menunjukkan bahwa peledakan aktual lebih baik dibandingkan dengan metode *Double Deck Primer* dimana persentase *Boulder* hanya sekitar 0,52% sedangkan metode *double deck* menghasilkan *Boulder* sekitar 2,27 %. Hal ini disebabkan jumlah ANFO dalam lubang ledak pada metode peledakan aktual lebih banyak digunakan dibandingkan dengan metode *Double Deck Primer* dimana jumlah ANFO pada peledakan aktual setiap lubang yaitu sekitar 96,72 kg sementara pada peledakan *Double Deck Primer* yaitu sekitar 86,36 kg. Pada prediksi perhitungan dengan metode *Kuz-ram* juga tidak memperhatikan kondisi lapangan yang mendetail seperti kondisi air, metode pemasangan *primer* yang digunakan, kemiringan lubang ledak dan sebagainya.

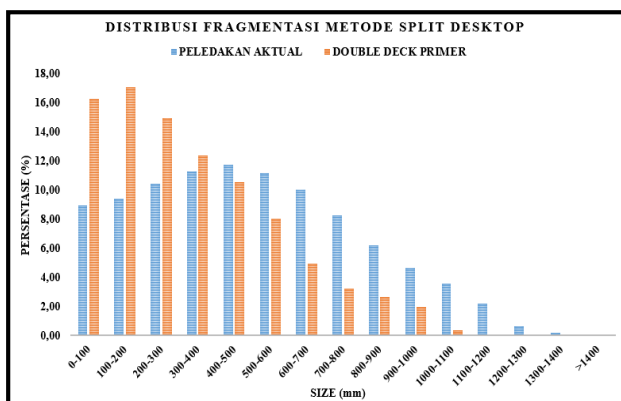
Pada metode perhitungan dengan menggunakan *software split desktop*, fragmentasi yang dihasilkan adalah kondisi asli ataupun kondisi sebenarnya setelah terjadinya peledakan. Pada metode ini, kita mengambil dokumentasi dilapangan dari beberapa lokasi fragmentasi yang dianggap dapat mewakili fragmentasi secara keseluruhan. Selanjutnya hasil dokumentasi yang telah kita ambil diolah dengan menggunakan *software* tersebut. Pada prinsipnya metode ini hanya dapat membaca bagian permukaannya saja, sehingga bagian dalam tumpukan fragmentasi diasumsikan sama dengan bagian permukaannya (*homogen*). Tidak semua fragmentasi

dapat dibaca oleh *software* ini semisal fragmentasi yang tidak terkena cahaya, ataupun *boulder* yang seharusnya menjadi beberapa bagian tetapi hanya dibaca satu bagian saja. Tetapi bisa diatasi dengan cara diedit agar semakin mendekati gambar yang sebenarnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Distribusi Fragmentasi Metode *Kuz-ram*

Pada peledakan dengan menggunakan *double deck primer* pada metode perhitungan dengan menggunakan *software split desktop*, terjadi perbedaan ukuran fragmentasi. Persentase *boulder* ketika menggunakan metode *double deck primer* berkurang secara signifikan. Persentase *boulder* pada peledakan aktual sebesar 11,21 % dan persentase *boulder* dengan menggunakan metode *double deck primer* sebesar 2,27 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Distribusi Fragmentasi Metode *Software Split Desktop*

Hal ini tentu berdampak sangat baik bagi perusahaan karena keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan metode *Double Deck Primer* dibandingkan dengan metode peledakan aktual adalah jumlah bahan peledak berkurang lebih dari 10 kg setiap lubang ledak tetapi fragmentasi yang dihasilkan lebih baik, *boulder* yang dihasilkan berkurang sekitar 9% sehingga material yang lolos pada mulut *crusher* bertambah, produksi dapat sesuai dengan target dikarenakan efektivitas waktu semakin singkat serta biaya bahan peledak menjadi lebih murah.

4.4 Perbandingan Getaran Hasil Peledakan

Perbandingan getaran hasil peledakan aktual dengan getaran hasil peledakan usulan dapat dilihat dari tabel 15 di bawah ini.

Tabel 15. Perbandingan Getaran Peledakan Aktual dengan *Double Deck Primer*

| Metode Peledakan | Waktu | PPV Teoritis | Rata-rata | Blasmate III | Rata-rata |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| Peledakan Aktual | 17 Juli 2017 | 1,12 | 1,32 mm/s | 1,21 | 1,18 mm/s |
| | 19 Juli 2017 | 1,52 | | 1,37 | |
| | 20 Juli 2017 | 1,12 | | 1,22 | |
| | 21 Juli 2017 | 1,52 | | 0,91 | |
| <i>Double Deck Primer</i> | 24 Juli 2017 | 1,03 | 1,12 mm/s | 0,74 | 1,01 mm/s |
| | 25 Juli 2017 | 1,40 | | 1,16 | |
| | 26 Juli 2017 | 1,03 | | 0,86 | |
| | 27 Juli 2017 | 1,03 | | 1,29 | |

Dari tabel 15 di atas dapat dilihat bahwa PPV teoritis getaran hasil metode peledakan aktual terbesar yaitu sebesar 1,52 mm/s pada tanggal 19 Juli 2017 dan 21 Juli 2017 sedangkan prediksi getaran peledakan *double deck primer* terbesar yaitu sebesar 1,40 mm/s pada tanggal 25 Juli 2017. Sementara itu, hasil getaran peledakan aktual dari alat Blasmate III terbesar yaitu sebesar 1,37 mm/s pada tanggal 19 Juli 2017 sedangkan getaran peledakan *double deck primer* terbesar yaitu sebesar 1,29 mm/s pada tanggal 27 Juli 2017.

Jika ditinjau dari PPV teoritis, hasil getaran dari metode *Double Deck Primer* lebih baik daripada metode peledakan Aktual dimana rata-rata PPV teoritis *Double Deck Primer* adalah 1,12 mm/s sedangkan rata-rata PPV teoritis metode peledakan Aktual sebesar 1,32 mm/s. Data ini didapatkan dari rumus jarak lokasi peledakan dibandingkan akar dari jumlah ANFO per *delay*, untuk jumlah ANFO per *delay* terbesar yang digunakan pada metode peledakan Aktual yaitu 290,17 kg sedangkan jumlah ANFO per *delay* terbesar untuk metode *Double Deck Primer* yaitu 259,08 kg.

Hasil Rekaman Blastmate III yang diolah menggunakan aplikasi *Blastware* pada komputer pada jarak 1000 meter menunjukkan bahwa rata-rata getaran (PVS) hasil metode *Double Deck Primer* lebih baik dibandingkan dengan metode peledakan Aktual dimana PVS rata-rata metode peledakan Aktual sebesar 1,18 mm/s sedangkan PVS rata-rata metode *Double Deck Primer* yaitu sebesar 1,01 mm/s. Dari dua metode pengukuran hasil getaran yang digunakan, getaran yang dihasilkan metode *Double Deck*

Primer ternyata lebih kecil dibandingkan metode peledakan Aktual dimana pada PPV prediksi, tingkat getaran yang dihasilkan menurun sekitar 15% dari hasil getaran metode peledakan Aktual, sementara pada hasil rekaman dengan menggunakan alat BLASMATE III, PVS yang dihasilkan metode *Double Deck Primer* menurun sekitar 14% dari PVS hasil metode peledakan Aktual.

Dari 4 kali percobaan, getaran peledakan *double deck primer* masih aman karena getaran-getaran yang dihasilkan masih dibawah batas yang di tentukan oleh perusahaan yaitu 2,5 mm/s. Jika ditinjau dari segi getaran hasil peledakan maka kegiatan peledakan dengan menggunakan metode *double deck primer* layak digunakan.

4.5 Perbandingan Biaya Bahan Peledak

Biaya bahan peledak per lubang pada peledakan aktual dengan peledakan *double deck primer* dapat dilihat pada tabel 16 di bawah ini.

Tabel 16. Perbandingan Biaya Bahan Peledak per Lubang

| No. | Metode | Total Biaya Bahan Peledak per Lubang |
|-----|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Peledakan aktual | Rp 710.865,76 |
| 2 | <i>Double Deck Primer</i> | Rp 654.082,00 |
| 3 | Selisih | Rp 56.783,76 |

Dari tabel 16 di atas terdapat perbedaan biaya bahan peledak antara biaya bahan peledak per lubang pada peledakan aktual dan biaya per lubang pada peledakan metode *double deck* yaitu sebesar Rp 710.865,76 dan Rp 654.082 Selisih dari kedua metode adalah Rp 56.783,76/ lubang ledak.

Jika ditinjau dari segi biaya, peledakan dengan menggunakan *double deck primer* lebih murah Rp 56.783,76/ lubang, sementara fragmentasi yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan peledakan aktual. Sehingga metode ini sangat disarankan untuk digunakan oleh perusahaan sebagai salah satu alternatif metode peledakan pada kegiatan peledakan selanjutnya terlebih jika *stiffness ratio* dilapangan masih belum berubah. Hal ini tentu sangat baik karena menjadi lebih efisien dari segi biaya namun dapat menghasilkan fragmentasi yang lebih baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Kegiatan peledakan Aktual dengan perhitungan metode *Kuz-ram* menghasilkan ukuran rata-rata fragmentasi teoritis sebesar 34,02 cm, *Boulder* teoritis sebesar 0,52%, sementara perhitungan dengan menggunakan metode *software split desktop*

menghasilkan *Boulder* sekitar 11,21%. Untuk hasil getaran, peledakan aktual menghasilkan rata-rata getaran tanah teoritis (*PPV*) sebesar 1,32 mm/s dan rata-rata getaran tanah peledakan aktual yang di ukur dari alat BLASMATE III sebesar 1,18 mm/s.

2. Kegiatan peledakan metode *Double Deck Primer* dengan perhitungan metode *Kuz-ram* menghasilkan ukuran rata-rata fragmentasi teoritis sebesar 36,53 cm, *Boulder* teoritis sebesar 2,45%, sementara perhitungan dengan menggunakan metode *split desktop* menghasilkan *Boulder* sekitar 2,27%. Untuk hasil getaran, peledakan metode *Double Deck Primer* menghasilkan rata-rata getaran tanah teoritis (*PPV*) sebesar 1,12 mm/s dan rata-rata getaran tanah peledakan aktual yang di ukur dari alat BLASMATE III yaitu sebesar 1,01 mm/s.
3. Dari hasil penelitian yang dilakukan, peledakan dengan menggunakan metode *double deck primer* dapat menghasilkan fragmentasi yang lebih baik dan mengurangi *boulder* hampir 9% dibandingkan peledakan aktual.
4. Getaran tanah yang di hasilkan dari kegiatan peledakan usulan lebih aman dari peledakan aktual karena getaran yang dihasilkan menurun sekitar 15% pada perhitungan PPV teoritis dan menurun sekitar 14% pada hasil rekaman alat BLASMATE III. Hasil getaran metode peledakan usulan juga lebih rendah dari target yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu maksimal sebesar 2,5 mm/s.
5. Biaya bahan peledak untuk peledakan aktual sebesar Rp 710.865,76,- per lubang dan biaya bahan peledak untuk peledakan dengan menggunakan metode *double deck primer* sebesar Rp 654.082,-/lubang. Untuk biaya bahan peledak, metode *double deck primer* lebih murah Rp 56.783,76,- per lubang.

5.2 Saran

1. Diperlukan ketelitian dalam penentuan titik lubang ledak agar diperoleh geometri peledakan yang diinginkan sehingga mendapatkan hasil peledakan sesuai dengan yang diharapkan.
2. Pengisian bahan peledak sebaiknya dilakukan setepat mungkin terlebih dalam pengisian dengan menggunakan metode *double deck primer* karena bahan peledak sangat berpengaruh terhadap hasil peledakan.
3. Sebaiknya metode peledakan yang digunakan adalah metode *Double Deck Primer* karena hasil fragmentasinya lebih baik, hasil getaran lebih kecil serta biaya bahan peledak yang digunakan lebih murah.
4. *Stemming* perlu diperhatikan kepadatannya agar energi peledakan berfungsi maksimal di seluruh lubang ledak.

Daftar Pustaka

- [1] PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. *Indocement Mining Division Profile*. Bogor.(2017)
- [2] Koesnaryo, S. *Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak, jilid 1*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN. (2001)
- [3] Koesnaryo, S. *Rancangan Peledakan Batuan, jilid 2*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN. (2001)
- [4] Riski, Jamal, dan Agus. *Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan pada Pt. Pamapersada Nusantara Site Adaro Provinsi Kalimantan Selatan*. Kalimantan Selatan: Jurnal Geomine. Vol. 03. (2015)
- [5] Geni, Alex dan Hariyono. *Pengoptimalan Ukuran Fragmentasi Dengan Penambahan Lubang Bor Satelit (Satellite Hole) Di PT. Holcim Indonesia*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 1, No. 2:27-30. (2013)
- [6] Hadi, M Taufik. *Redesign Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan Yang Optimal Di Prebench Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk*. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya. (2012)
- [7] Ghebie, Aghababaei, Hoseinie, dan Pourrahimian. *Modified Kuz—Ram Fragmentation Model And Its Use At The Sungun Copper Mine*. Iran: Reasearch Gate. (2009)
- [8] Munawir, Andi, dan Anshariah. *Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Overburden Pada Tambang Batubara Pt. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan*. Kalimantan Selatan: Jurnal Geomine. Vol. 01. (2015)
- [9] Meryan, Della Gloria. *Skripsi Laporan Tugas Akhir Analisis Geometri Peledakan Pada PT. Kalimantan Prima Persada Site Tanjung Alam Jaya, di Desa Batang Banyu Kec. Pangaron, Kab. Banjar, Kalimantan Selatan*. Banjarmasin: Universitas Lambung Manungkurat. (2011)
- [10] Gita, Nurhakim, Giswan, dan hariyono. 2017. *Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batugamping Di PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 2, No.2: 27-30. (2017)
- [11] Adam, Rizki. *Laporan Proyek Akhir Analisis Perbandinagn Desain Peledakan Single Deck dengan Double Deck di Bukit Karang Putih PT Semen Padang*. Padang. (2013)
- [12] Muslih, Shobhi Wafi. 2018. *Analisa Pengaruh Satelite Hole Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan di Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk Citeureup Bogor – Jawa Barat*. Padang: Univeritas Negeri Padang. (2018)
- [13] Ayu, Heru, Romla, dan John. *Optimasi Biaya Peledakan Pada Pembongkaran Limestone Di Quarry Batu Gamping*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 1, No.2: 31-34. (2016)