

**EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN TERHADAP FRAGMENTASI
BATUAN MENGGUNAKAN BAHAN PELEDAK ANFO DAN BULK
EMULSION PADA LAPISAN INTERBURDEN PIT 4500 BLOK
SELATAN PT. PAMAPERSADA – DAHANA (PERSERO)
JOBSITE MELAK, KALIMANTAN TIMUR**

***BLASTING GEOMETRY EVALUATION TOWARD ROCK FRAGMENTATION
USING BLASTING MATERIAL ANFO AND BULK EMULSION IN PIT 4500
INTERBURDEN LAYER SOUTH BLOCK, PT. PAMAPERSADA - DAHANA
(PERSERO) MELAK JOBSITE, EAST BORNEO***

Indra Gumanti Putra¹, M. Taufik Toha², Djuki Sudarmono.³

*^{1,2,3} Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,
Jl. Raya Palembang-Prabumulih, Indralaya Utara, 30662, Sumatera Selatan
Email : bagak_indra@yahoo.co.id*

ABSTRAK

PT.Pamapersada-Dahana (persero) melakukan pengeboran dan peledakan dalam kegiatan pembongkaran interburden. Peledakan akan menghasilkan fragmentasi batuan. Ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan sangat penting untuk diperhatikan karena menentukan keberhasilan sebuah peledakan, metode yang digunakan untuk menghitung nilai fragmentasi batuan adalah metode perhitungan teoritis Kuz-Ram. Bahan peledak yang digunakan adalah ANFO dan bulk emulsion. Perhitungan fragmentasi batuan dengan membandingkan metode Kuz-Ram ANFO dengan Metode Kuz-Ram Bulk Emulsion. Perhitungan fragmentasi manakah yang lebih optimal dari bahan peledak tersebut. Perhitungan aktual metode Kuz-Ram bahan peledak ANFO didapat fragmentasi dengan ukuran 100cm sebesar 25,34 %. Ukuran fragmentasi dengan bahan peledak ANFO pada ukuran 100cm sebesar 18,45 %. Jadi, bahan peledak yang baik digunakan dari perhitungan teoritis metode Kuz-Ram adalah bahan peledak bulk emulsion yang menghasilkan persentase fragmentasi lebih kecil dari pada bahan peledak ANFO. Hasil fragmentasi dari bahan peledak bulk emulsion dengan ukuran 100cm belum memenuhi standar fragmentasi kurang dari 15% (koesnaryo,2001), oleh karena itu perlu adanya rekomendasi perbaikan geometri peledakan menggunakan persamaan Langefors untuk kedua bahan peledak tersebut. Persamaan Langefors untuk bahan peledak ANFO dengan nilai burden 5m, spasi 5,76m, powder charge 3,5m, subdrilling 1,5m dan kedalaman lubang ledak 7m. Ukuran fragmentasi 100cm sebesar 1,03 %. Persamaan Langefors untuk bahan peledak bulk emulsion dengan nilai burden 5,5m, spasi 6,3m, powder charge 3,6m, subdrilling 1,63m dan kedalaman lubang 7,4m. Ukuran fragmentasi 100cm sebesar 1,05 %. Persentase fragmentasi ukuran 100cm sudah memenuhi fragmentasi yang dikatakan baik.

Kata kunci : Bahan peledak, Fragmentasi, Kuz-Ram, ANFO, Bulk emulsion

ABSTRACT

PT.Pamapersada-Dahana (persero) do drilling and blasting operation in their activity in breaking off the interburden. The result from blasting activity is rock fragmentation. The size of rock fragmentation is very important to be concerned about because it will determine the success from blasting operation. The methode which is used to calculate the value of rock fragmentation is theoretical Kuz-Ram Calculation methode. Blasting materials which are used are ANFO and bulk emulsion. The Calculation of rock fragmentation is done by comparing Kuz-Ram ANFO with Kuz-Ram Bulk emulsion to know which methode can give the optimal calculation fragmentation from using those blasting materials. The fragmentation result from Actual calculation with kuz-Ram methode by using ANFO is 25,34% of 100cm size of fragmentation meanwhile the fragmentation result by using bulk emulsion is 18,45% of 100cm size of fragmentation. So, the blasting material which can give better fragmentation from the theoretical Kuz-Ram Calculation methode is bulk

emulsion which can give better fragmentation than ANFO. The result by using bulk emulsion is still not fulfill standard of 15 % or less the 100 cm fragmentation yet (Koesnaryo, 2001), therefore there is a recommendation to recalculate the blasting geometry using langefors equation for those blasting materials. Langefors equations for ANFO is : burden 5 m ; space 5,76 m ; powder charge 3,5 m ; subdrilling 1,5 m and blasting hole depth 7 m. 100 cm size of fragmentation is 1,03 %. Langefors equations for bulk emulsion is : burden 5,5 m ; space 6,3 m ; powder charge 3,6 m ; subdrill 1,63 m and blasting hole dept 7,4 m ; 100 cm size of fragmentation is 1,05 %. 100 cm size of fragmentation has fulfilled the good criteria.

Key word : Blasting materials, Fragmentation, Kuz-Ram, ANFO, Bulk emulsion

1. PENDAHULUAN

PT Dahana (Persero) merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dalam industri bahan peledak, layanan drilling & blasting dan layanan jasa – jasa yang terkait, yang belokasi di wilayah Melak Kalimantan Timur yang bekerjasama dengan kontraktor PT. Pamapersada, PT. Dahana disini merupakan Sub Kontraktor dari PT. Pamapersada. Sistem penambangan yang diterapkan saat ini adalah penambangan terbuka (open pit) kombinasi alat *backhoe* dengan *dump truck*. Dalam kegiatan pembongkaran *interburden* PT. Pamapersada-Dahana menerapkan metode pengeboran dan peledakan pada lapisan *interburden Pit* 4500 dengan tujuan untuk membebaskan batuan maupun tanah tersebut sehingga mempermudah proses penambangan batubara. Proses peledakan menggunakan bahan peledak ANFO dan *emulsi* curah (bulk emulsion) dengan geometri peledakan yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Pada Bulan Maret – Mei 2014 geometri peledakan yang diterapkan oleh perusahaan belum optimum karena menghasilkan fragmentasi batuan hasil peledakan dengan ukuran lebih dari 1 meter besar dari 15 %, baik itu bahan peledak ANFO ataupun bahan peledak bulk emulsion. Perhitungan fragmentasi batuan menggunakan metode Kuz-Ram. Geometri peledakan aktual dengan bahan peledak ANFO menghasilkan fragmentasi batuan hasil peledakan dengan ukuran 1 meter sebesar 25,34 % dengan nilai burden 7m, spasi 7,5 m dan kedalaman 7 m. Fragmentasi batuan hasil peledakan dengan bahan peledak bulk emulsion ukuran 1 meter sebesar 18,45 % dengan nilai burden 7,1 m, spasi 8,1 m, dan kedalaman lubang ledak 7,5 m. Hasil fragmentasi dari geometri aktual kedua bahan peledak tersebut belum memenuhi standar tercapainya keberhasilan suatu peledakan dengan hasil fragmentasi kurang dari 15%.

Fragmentasi batuan hasil peledakan dengan sedikit bongkah dan berukuran merata (kurang dari 15 % dari batuan yang terbongkar setiap peledakan) [1]. Batuan yang memerlukan rangkaian proses pengeboran dan peledakan dalam kegiatan pemberaian batuan dengan nilai UCS > 25 Mpa [2]. Menurut Gokhale, Bhalchandra. V. (2011) penggunaan *powder factor* dengan batuan *sandstone* yang memiliki UCS 50 Mpa – 100 Mpa dilakukan peledakan agar menghasilkan fragmentasi yang baik, sebaiknya menggunakan *powder factor* sebesar $0,25 \text{ kg/m}^3 - 0,40 \text{ kg/m}^3$ [2].

Pengetahuan tentang kemampuan bahan peledak harus dimiliki untuk mendesain sebuah peledakan, reaksi material terhadap kemampuan bahan peledak dan bagaimana fungsi lubang ledak pada saat pemuatannya [3]. Semakin jauh jarak antar bidang lemah (> 2000 mm), batuan dapat dikatakan memiliki perlapisan yang sangat tebal. Sedangkan bila jarak antar bidang lemah kecil (< 20 mm), maka batuan dapat dikatakan terdiri dari laminasi tipis (sedimentasi) [4].

Batuan dengan porositas tinggi akan meningkatkan jumlah retakan batuan serta mengurangi tekanan gas dalam retakan itu contohnya pada batuan yang berkekar, energi yang ditimbulkan oleh bahan peledak akan tidak optimal karena energi tersebut akan menghilang melalui retakan tersebut dan air yang terdapat didalam rongga batuan akan menyerap energi dan digunakan untuk menghancurkan batuan sehingga energinya akan berkurang [5].

Rock Quality Designation dapat dihitung secara tidak langsung dengan pengukuran orientasi serta jarak antar kekar pada singkapan batuan [6]. Hasil suatu peledakan dipengaruhi juga oleh sifat bahan peledak sifat tersebut terdiri dari sifat-sifat fisik dan sifat detonasi [7]. Menurut Kuz-Ram (Cunningham, 1983) Faktor batuan sebaiknya menggunakan 0,12 terhadap banyak penelitian yang ada di australia [8]. Menurut Lilly, (1986) Pembobotan massa batuan yang berhubungan pada peledakan adalah nilai pembobotan berdasarkan nilai indeks kemampuledakan dan parameter - parameter dalam pembobotan massa batuan, meliputi deskripsi massa batuan, spasi bidang kekar, orientasi bidang kekar, pengaruh *specific gravity*, dan kekerasan [9].

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur
Studi literatur yang akan dilakukan sebelum, saat penelitian dan sesudah penelitian dilaksanakan. Literatur yang digunakan berasal dari buku-buku, jurnal penelitian dan laporan-laporan yang berhubungan dengan pendistribusian fragmentasi.
- b. Pengamatan Lapangan
Tahapan ini meliputi pekerjaan pengamatan terhadap kegiatan peledakan. Menghitung nilai geometri peledakan aktual dan fragmentasi batuan hasil peledakan.
- c. Permasalahan
Pada saat pengamatan lapangan peledakan ditemukan permasalahan geometri peledakan aktual dengan hasil fragmentasi di atas 15 %, di atas standar fragmentasi geometri peledakan yang optimum.
- d. Pengambilan data
Pengambilan data sangat diperlukan karena dapat mengetahui permasalahan serta solusi. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder antara lain :
 1. Data Primer
Data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan, seperti data geometri peledakan aktual, bahan peledak, dan ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan.
 2. Data sekunder
Data yang diperoleh dari arsip, data-data yang sudah ada diperusahaan meliputi , data volume bahan peledak, data karakteristik batuan dilokasi penelitian, data spesifikasi alat dan data pembotoan massa batuan.
- e. Pengolahan data
Pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan statistik distribusi frekuensi, penggambaran menggunakan grafik dan tabel, perhitungan fragmentasi dengan metode Kuz-Ram, perbaikan geometri peledakan menggunakan persamaan R.L.Ash, C.J. Konya, Anderson, Tamrock, dan Langefors.
- f. Analisa dan Pembahasan
Analisis dan pembahasan yang akan dilakukan meliputi analisis hasil fragmentasi peledakan menggunakan metode Kuz-Ram, perhitungan geometri peledakan aktual dan rekomendasi perbaikan geometri peledakan.
- g. Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakter batuan di lokasi

Berdasarkan data penelitian dari Departemen Geoteknik PT. Dahana (persero), secara umum sifat fisik dan mekanik batuan *interburden Pit 4500* adalah specific gravity 2,6 ton/m³ dan kuat tekan (UCS) 99,6 Mpa.

3.2. Indeks kemampuledakan batuan *interburden Pit 4500*

Indeks kemampuledakan batuan (*blastability index*) *Pit 4500* Blok Selatan menurut Lilly (1986) diperoleh dari penjumlahan harga-harga yang representatif dari kelima parameter yaitu deskripsi massa batuan, spasi bidang kekar, orientasi bidang kekar, pengaruh *specific gravity*, dan kekerasan dapat dilihat pada (Tabel 1).

Batuan *sandstone* di lokasi *Pit 4500* memiliki *specific gravity* 2,6 ton/m³ dan UCS sebesar 99,6 Mpa. Nilai *blastability index* (BI) *sandstone* menggunakan persamaan berikut :

$$(BI) = 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \quad (1)$$

Menghitung nilai faktor batuan (A) yang digunakan adalah 0,12 dari indeks kemampuledakan menggunakan persamaan berikut :

$$(A) = 0,12 \times BI \quad (2)$$

Tabel 1. Pembobotan Massa Batuan

ROCK MASS DESCRIPTION (RMD)	RATING
1. Powder/friable	10
2. Blocky	20
3. Totally massive	50
JOINT PLANE SPACING (JPS)	RATING
1. Close (< 0,1 m)	10
2. Intermediate (0,1 - 1,0 m)	20
3. Wide (> 1,0 m)	50
JOINT PLANE ORIENTATION (JPO)	RATING
1. Horizontal	10
2. Dip out of face	20
3. Strike normal to face	30
4. Dip into face	40
SPECIFIC GRAVITY INFLUENCE (SGI)	$SGI = 25 \times \text{Bobot isi} - 50$
HARDNESS	$S = 0,05 \times (\text{UCS MPa}), \text{RATING OF } 1 \text{ TO } 10 \text{ (MOHS SCALE)}$

3.3. Pengamatan pada rancangan peledakan

Tujuan dari pengamatan pada rancangan peledakan adalah untuk mengevaluasi hasil fragmentasi batuan agar sesuai dengan standar peledakan yang dinyatakan baik menurut (Koesnaryo, 2001) dengan persentase fragmentasi batuan hasil peledakan di bawah 15% dari 2 jenis bahan peledak yaitu *Bulk emulsion dan ANFO*.

3.3.1. Geometri peledakan aktual dengan bahan peledak Bulk emulsion dan ANFO

Kegiatan peledakan yang dilakukan di Pit 4500 blok selatan dilaksanakan pada tanggal 3 sampai 26 April 2014 untuk bahan peledak Bulk emulsion kegiatan peledakan yang dilakukan sebanyak 12 kali pengamatan atau 12 kali proses peledakan, dalam 12 kali pengamatan itu maka didapat geometri peledakan rata-rata (Tabel 2). Peledakan dengan menggunakan bahan peledak ANFO dilakukan sebanyak 7 kali pengamatan atau 7 kali proses peledakan (Tabel 3).

(Pada Tabel 2) geometri peledakan aktual rata-rata pada bahan peledak bulk emulsion dengan burden 7,1m, spasi 8,1 m, kedalam lubang ledak 7,4m, powder charge 3,5m, stemming 4m dan subdrilling 0,5 m didapat ukuran fragmentasi ≥ 100 cm dengan persentase 18,45 %.

Tabel 2. Geometri Peledakan Aktual Bahan Peledak Bulk Emulsion dan Nilai Powder Factor

No	Tanggal	B (m)	S (m)	H (m)	PC (m)	T (m)	J (m)	PF (Kg/m ³)
1.	8 April 2014	7,4	8,4	7,4	4,43	2,97	0,5	0,28
2.	10 April 2014	7,2	8,3	7	4,24	2,76	0,5	0,25
3.	11 April 2014	6,6	7,4	7	3,34	3,66	0,5	0,25
4.	12 April 2014	7,5	8,6	8	3,91	4,09	0,5	0,26
5.	13 April 2014	7,7	8,5	7,7	3,75	3,95	0,5	0,26
6.	14 April 2014	6,2	7,7	7	3,01	3,99	0,5	0,28
7.	15 April 2014	7,5	8,2	7,1	2,77	4,33	0,5	0,28
8.	16 April 2014	8	8,5	7,7	3,61	4,09	0,5	0,25
9.	17 April 2014	7	8,4	8	3,25	4,75	0,5	0,28
10	18 April 2014	7,8	8,6	8	3,82	4,18	0,5	0,25
11	19 April 2014	6,2	7,7	7,4	3,94	3,46	0,5	0,26
12	20 April 2014	7,5	7,4	7	2,43	4,57	0,5	0,27
	Rata-rata	7,1	8,1	7,44	3,54	4	0,5	0,27

Tabel 3. Geometri Peledakan Aktual Bahan Peledak ANFO dan Nilai Powder Factor

No	Tanggal	B (m)	S (m)	H (m)	PC (m)	T (m)	J (m)	PF (Kg/m ³)
1.	3 April 2014	7,6	8,5	8	4,75	3,25	0,5	0,22
2.	4 April 2014	7,8	7,4	6,4	3,59	2,81	0,5	0,19
3.	5 April 2014	6,7	7,4	6	2,39	3,61	0,5	0,19
4.	7 April 2014	7	7,2	7,6	3,02	4,58	0,5	0,18
5.	24 April 2014	6,4	7,5	7	3,36	3,64	0,5	0,2
6.	25 April 2014	6,5	7	6,8	2,64	4,16	0,5	0,18
7.	26 April 2014	6,7	7,5	6,7	3,08	3,62	0,5	0,21
Rata-rata		7	7,5	7	3	4	0,5	0,2

(Pada Tabel 3) geometri aktual rata-rata pada bahan peledak ANFO dengan burden 7m, spasi 7,5 m, kedalam lubang ledak 7m, powder charge 3m, stemming 4m dan subdrilling 0,5 m didapat ukuran fragmentasi ≥ 100 cm dengan persentase 25,34 %.

3.4. Analisa Fragmentasi

Proses analisis fragmentasi batuan hasil peledakan dilakukan dengan membandingkan antara bahan peledak ANFO dan Bulk emulsion yang dapat menghasilkan fragmentasi yang optimum menggunakan metode perhitungan *Kuz-Ram*.

3.4.1. Analisa Fragmentasi menggunakan Metode Kuzram

Perbandingan hasil fragmentasi batuan hasil ledakan dengan bahan peledak ANFO dan *Bulk Emulsion* menggunakan metode perhitungan *Kuz-Ram*. Perhitungan teoritis fragmentasi batuan Kuz-Ram menghasilkan persentase massa fragmen batuan yang lolos dari ayakan dengan ukuran tertentu. Metode Kuz-Ram memiliki dua perhitungan yaitu Kuznetsov dan Rossin-Rammler dimana persamaan Kuznetsov untuk menghitung nilai fragmentasi dengan persamaan :

$$X = A x \left(\frac{V_0}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,167} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \quad (3)$$

Dimana : X = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)
 A = Faktor batuan
 V₀ = Volume batuan per lubang ledak (BxSxL dalam m³)
 Q = Jumlah bahan peledak ekivalen per lubang ledak (kg)
 E = RWS bahan peledak, ANFO = 100, TNT = 115

Indeks n adalah indeks keseragaman, artinya jika nilai n semakin besar maka kemungkinan fragmentasi yang dihasilkan semakin seragam, dengan persamaan :

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{D} \right) \left(1 - \frac{W}{B} \right) \left(1 + \frac{(A-1)}{2} \right) \frac{L}{H} \quad (4)$$

Dimana : B = Burden (m)
 D = Diameter lubang (mm)
 W = Standar deviasi dari keakuratan pengeboran (m)
 A = Ratio spasi/burden
 L = Panjang muatan (m)
 H = Tinggi jenjang (m)

Persamaan Kuznetsov juga menghitung persentase material yang tertahan pada ayakan sebagai berikut :

(5)

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

Distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan persamaan Rossin-Rammler, yaitu :

(6)

$$R = e^{-\frac{(X)^n}{X_c}}$$

Dimana : X = Ukuran ayakan (cm)
 Xc = Karakteristik ukuran (cm)
 n = Indeks keseragaman
 e = 2,71828

1. Fragmentasi Metode Kuz-Ram Bahan Peledak ANFO

Hasil perhitungan fragmentasi menggunakan metode Kuz-Ram mengambil variabel dari geometri peledakan. Geometri peledakan rata-rata untuk bahan peledak ANFO memiliki nilai burden 7 m, spasi 7,5 m, Kedalaman lubang ledak 7 m, powder charge 3 m, stemming 4 m dan subdrilling 0,5 m. Hasil Fragmentasi dengan persentase tertahan ayakan 20 cm sebesar 69,36 %, untuk selang 40 cm sebesar 52,38%, untuk selang 60 cm sebesar 40,57 %, untuk selang 80 cm sebesar 31,89 %, dan untuk selang 100 cm sebesar 25,34 %.

2. Fragmentasi Metode Kuz-Ram Bahan Peledak Bulk Emulsion

Hasil perhitungan fragmentasi menggunakan metode Kuz-Ram mengambil variabel dari geometri peledakan. Geometri peledakan rata-rata untuk bahan peledak bulk emulsion memiliki nilai burden 7,1 m, spasi 8,1 m, Kedalaman lubang ledak 7,4 m, powder charge 3,5 m, stemming 3,9 m dan subdrilling 0,5 m. Hasil Fragmentasi dengan persentase tertahan ayakan 20 cm sebesar 68,42 %, untuk selang 40 cm sebesar 48,57%, untuk selang 60 cm sebesar 34,92 %, untuk selang 80 cm sebesar 25,31 %, dan untuk selang 100 cm sebesar 18,45 %.

3.4.2. Perbandingan Distribusi Fragmentasi ANFO dengan *Bulk Emulsion* menggunakan Metode Kuz-Ram

Hasil perbandingan fragmentasi dari bahan peledak ANFO dan *Bulk Emulsion* dengan menggunakan metode Kuz-Ram terlihat pada (Tabel 4) dan evaluasi distribusi fragmentasi (Gambar 1). Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa dari ukuran fragmentasi yang dihasilkan, bahan peledak bulk emulsion lebih baik dari bahan peledak ANFO, akan tetapi masih perlu perbaikan dalam geometri peledakan untuk mendapatkan ukuran fragmentasi ≥ 100 cm di bawah 15 %.

Hasil fragmentasi yang dihasilkan dari bahan peledak bulk emulsion lebih baik dari bahan peledak ANFO dikarenakan bahan peledak bulk emulsion memiliki daya ledak serta kecepatan detonasi yang lebih tinggi dari bahan peledak ANFO. Hasil pembersihan batuan bahan peledak bulk emulsion akan baik atau merata karena energi yang dihasilkan lebih besar dari bahan peledak ANFO dalam proses peledakan.

Tabel 4. Evaluasi Distribusi Model Kuz-Ram Bahan Peledak ANFO dan Bulk Emulsion

Sandstone	Ayakan Tertahan (%)		
	ANFO	<i>Bulk Emulsion</i>	Selisih
>0 - 20 cm	30,64 %	31,58 %	0,94 %
>20 - 40 cm	16,98 %	19,85 %	2,87 %
>40 - 60 cm	11,81 %	13,65 %	1,84 %
>60 - 80 cm	8,67 %	9,61 %	0,94 %
>80 - 100 cm	6,55 %	6,86 %	0,31 %
>100 cm	25,34 %	18,45 %	6,89 %

3.5. Rekomendasi Perbaikan Geometri Peledakan Menggunakan Metode Kuz-Ram

Dalam usaha memperbaiki fragmentasi batuan untuk memperoleh batuan hasil ledakan pada ukuran ≥ 100 cm dengan persentase di bawah 15% (Koesnaryo, 2001) maka akan dibahas hal-hal yang berhubungan dengan perbaikan fragmentasi yaitu analisa geometri peledakan dan distribusi fragmentasi menggunakan bahan peledak ANFO dan Bulk Emulsion yang dihasilkan berdasarkan R.L Ash, C.J. Konya, Anderson, Langefors dan Tamrock pada (Lampiran A).

Geometri peledakan R.L. Ash pada bahan peledak ANFO dengan nilai *burden* 4,6 m, *spasi* 5,3 m, *powder charge* 2,9 m, *stemming* 4,1 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 0,92 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 5,59 %. Untuk bahan peledak *Bulk Emulsion* dengan nilai *burden* 6,4 m, *spasi* 7,4 m, *powder charge* 2,9 m, *stemming* 4,5 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 1,28 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 15,39 %.

Geometri peledakan C.J. Konya pada bahan peledak ANFO dengan nilai *burden* 5m, *spasi* 5,1 m, *powder charge* 3 m, *stemming* 4 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 1,51 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 3,7 %. Untuk bahan peledak *Bulk Emulsion* dengan nilai *burden* 5,7 m, *spasi* 5,7 m, *powder charge* 3,4 m, *stemming* 4 m, kedalaman lubang ledak 7,4 m dan *subdrilling* 1,7 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 2,71 %.

Geometri peledakan Anderson pada bahan peledak ANFO dengan nilai *burden* 4,1 m, *spasi* 4,1 m, *powder charge* 2,9 m, *stemming* 4,1 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 1,23 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 1,74 %. Untuk bahan peledak *Bulk Emulsion* dengan nilai *burden* 4,2 m, *spasi* 4,4 m, *powder charge* 3,2 m, *stemming* 4,2 m, kedalaman lubang ledak 7,4 m dan *subdrilling* 1,3 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 0,81 %.

Geometri peledakan Langefors pada bahan peledak ANFO dengan nilai *burden* 5 m, *spasi* 5,76 m, *powder charge* 3,5 m, *stemming* 3,5 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 1,5 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 1,03 %. Untuk bahan peledak *Bulk Emulsion* dengan nilai *burden* 6,96 m, *spasi* 8 m, *powder charge* 2,53 m, *stemming* 4,87 m, kedalaman lubang ledak 7,4 m dan *subdrilling* 1,63 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 1,05 %.

Geometri peledakan Tamrock pada bahan peledak ANFO dengan nilai *burden* 6,8 m, *spasi* 7,8 m, *powder charge* 2,24 m, *stemming* 4,76 m, kedalaman lubang ledak 7 m dan *subdrilling* 2 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 25,32 %. Untuk bahan peledak *Bulk Emulsion* dengan nilai *burden* 6,8 m, *spasi* 7,8 m, *powder charge* 2,6 m, *stemming* 4,8 m, kedalaman lubang ledak 7,4 m dan *subdrilling* 2 m. Didapat hasil fragmentasi ≥ 100 cm sebesar 16,41 %.

Jadi untuk pemakaian bahan peledak ANFO dan *bulk emulsion* dalam perbaikan ukuran fragmentasi pada rekomendasi geometri peledakan rumusan dari C.J. Konya, Anderson dan Langefors yang menghasilkan fragmentasi di bawah 15 %, merekomendasikan pada perbaikan geometri peledakan menurut Langefors.

4. KESIMPULAN

1. Geometri peledakan aktual dengan menggunakan bahan peledak ANFO memiliki nilai *burden* dan *spasi* yang lebih rapat jika dibandingkan dengan geometri peledakan aktual dengan menggunakan bahan peledak Bulk emulsion.
 - a. Pemakaian ANFO dengan arak *burden* 7 m, *spasi* 7,5 m, kedalaman lubang ledak 7 m, *subdrilling* 0,5 m, *stemming* 4 m, dan *powder charge* 3 m dengan nilai *powder factor* 0,2 kg/m³.
 - b. Pemakaian *bulk emulsion* (Dabex73) memiliki jarak *burden* 7,1 m, *spasi* 8,1 m, kedalaman lubang ledak 7,5 m, *subdrilling* 0,5 m, *stemming* 4 m, dan *powder charge* 3,5 m dengan nilai *powder factor* 0,27 kg/m³.
 - c. Hasil Perbandingan menggunakan metode *Kuz-Ram* pada ukuran fragmentasi ≥ 100 cm, dengan bahan peledak ANFO sebesar 25,34 % dan fragmentasi dengan bahan peledak *bulk emulsion* sebesar 18,45 %. Sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan geometri peledakan untuk memperbaiki fragmentasi batuan hasil ledakan menjadi di bawah 15 %.
2. Metode *Kuz-Ram* yang membandingkan fragmentasi bahan peledak ANFO dengan fragmentasi bahan peledak bulk emulsion, yang lebih baik digunakan adalah bahan peledak bulk emulsion yang menghasilkan fragmentasi lebih baik dari bahan peledak ANFO dengan ukuran fragmentasi 18,45 % pada ukuran fragmentasi ≥ 100 cm..
3. Pembuatan rekomendasi geometri peledakan baru bertujuan untuk memperbaiki nilai fragmentasi batuan hasil peledakan dari geometri aktual menggunakan rumusan R.L. Ash, C.J. Konya, Anderson, Langefors dan Tamrock, dengan masing-masing bahan peledak ANFO dan *bulk emulsion*. Rekomendasi perbaikan geometri peledakan

untuk menghasilkan fragmentasi yang optimum dengan persentase di bawah 15% pada ukuran ≥ 100 cm dengan merekomendasikan geometri peledakan Langefors.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Koesnaryo, S. (2001). *Teori Peledakan*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara
- [2] Gokhale, B. V. (2011). *Rotary Drilling And Blasting In Large Surface Mines*. Netherlands: CRC Press/Balkema, Leiden.
- [3] Ash, R.L. (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. Inc : B.A Kennedy, Editor, Society for Mining, Metalurgy, and Exploration.
- [4] Astawa, R. M. (2000). *Klasifikasi Massa Batuan*. Bandung: Tim Dana Pengembangan Keahlian Sub Sektor Pertambangan Umum dan Lembaga Pengembangan Masyarakat ITB.
- [5] Jimeno, C.L. dan Jimeno, E.L. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*. Neterhlands: Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- [6] Hudson, J. A dan J.P. Harrison. (1997). *Engineering Rock Mechanics*. London: Elsevier Science Ltd
- [7] Konya Konya, C. & J. Edward. (1990). *Surface Blast Design*. New Jersey : Prentice Hall, Engelwood Cliff
- [8] Cunningham, C.V.B. (1983). The Kuz-Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting. *Proceedings Of First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, 439-454*.
- [9] Lilly, P.A. (1986). The Use Of The Blastability Index In The Design Of Blasts For Open Pit Mines. *AusIMM/IEAust Large Open Pit Mining Confrence*. Newman, 89-92.
- [10] Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*, New York : John Wiley & Sons.

Lampiran 1. Evaluasi Geometri Peledakan Aktual Dan Rekomendasi Perbaikan

1.	Parameter	Geometri Aktual		Geometri R.L. Ash		Geometri CJ.Konya		Geometri Anderson		Geometri Langefors		Geometri Tamrock	
		ANFO	Dabex73	ANFO	Dabex73	ANFO	Dabex73	ANFO	Dabex73	ANFO	Dabex73	ANFO	Dabex73
	a. Burden (m)	7	7,1	4,6	6,4	5	5,7	4,1	4,2	5	5,5	6,8	6,8
	b. Spasi (m)	7,5	8,1	5,3	7,4	5,1	5,7	4,3	4,4	5,76	6,3	7,8	7,8
	c. Stemming (m)	4	4	4,1	4,5	4	4	4,1	4,2	3,5	3,8	4,76	4,76
	d. Subdrilling (m)	0,5	0,5	0,9	1,28	1,51	1,7	1,23	1,26	1,5	1,63	2	2
	e. Kedalaman Lubang (m)	7	7,4	7	7,4	7	7,4	7	7,4	7	7,4	7	7,4
	f. Tinggi Jejang	6,5	6,9	6,1	6,1	5,5	5,7	5,7	6,14	5,5	5,77	5	5,5
	g. Powder Charge (PC)	3	3,5	2,9	2,9	3	3,4	2,9	3,2	3,5	3,6	2,24	2,74
	h. Diameter Bor (inchi)	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87
	i. Jumlah Lubang ledak	70	60	103	55	110	81	148	130	94	76	56	51
2.	Total Bahan Peledak (Kg)	5.278	8.110,7	7.843	6081,52	8.648	8612,9	11.369	15.753	8.715	10.361	3.323	5.292
3.	Massa Hasil Peledakan (Ton)	63.863	64.046,5	40.729	42.650,5	41.707	40.723,1	40.007	39.679	40.053	40.307	39.949	40.021
4.	Powder Factor (Kg/Ton)	0,22	0,27	0,19	0,14	0,21	0,25	0,28	0,38	0,21	0,26	0,22	0,35
5.	Fragmentasi \geq 100 cm (%)	25,34	18,45	5,59	15,39	3,77	2,71	1,74	0,81	1,03	1,05	23,52	15,68