

Analisis hubungan fragmentasi hasil peledakan dengan *digging time* pada material *overburden* di PT Darma Henwa

Analysis of correlation between fragmentation from blasting and overburden digging time in PT Darma Henwa

Riskina Hutagaol¹, Marselinus Untung Dwiatmoko², Hafidz Noor Fikri^{3*}

^{1,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

²Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

e-mail: ¹riskihutagaol@gmail.com, ²untung@ulm.ac.id, ³hafidz@ulm.ac.id

ABSTRAK

Kajian teknis peledakan dapat dikaji dari geometri peledakan yang digunakan, fragmentasi hasil peledakan serta *powder factor*. Tujuan untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan yaitu untuk meningkatkan produktivitas alat gali muat yang bisa diamati dari *digging time*. *Digging time* yang dikehendaki supaya produktivitas alat gali muat optimal adalah 10 detik. Untuk mengetahui fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode kuzram, dan metode lain yaitu metode *image* analisis dengan bantuan software *split desktop* 4.0. Distribusi fragmentasi yang diinginkan pada penelitian ini adalah ukuran ≥ 100 cm, persentase fragmentasinya $\leq 10\%$ dengan tingkat *powder factor* tidak lebih dari 0,3. Hasil dari analisis fragmentasi, peledakan optimal didapatkan pada lokasi Hspe dimana ukuran fragmentasi >100 cm berdasarkan metode KuzRam persentasenya sebesar 0,12% dan *split desktop* 4.0 adalah 0,08%. Sedangkan *digging Time* yang dihasilkan 10,4 detik. Selisih antara metode Kuzram dan *Split desktop* 4.0 dalam menentukan distribusi fragmentasi adalah 3,89 %.

Kata kunci: *digging time*, fragmentasi, Kuzram, *Split Desktop* 4.0

ABSTRAK

The technical studies of mine blasting can be examined from the blasting geometry, rock fragmentation from the blast and the powder factor. The purposes of this blasting fragmentation analysis are to improve the productivity of loader equipment, in which can be observed from its digging time. The desired digging time for optimum loader productivity was 10s. Kuzram method were used to determine the rock fragmentation from blasting and the other was imaging analysis method using Split desktop 4.0 software. The desired fragmentation distribution from this research is the size ≥ 100 cm, fragmentation percentage $\leq 10\%$ and powder factor no more than 0.3. From analysis, optimum blasting is obtained at Hspe site, where based on Kuzram method, the fragmentation size >100 cm, the percentage is 0.12% and with split desktop 4.0 software is 0.08%. And loader digging time is 10.4s. The difference between Kuzram and Split desktop in determining fragmentation distribution was around 3.89%.

Keywords: *Digging time, fragmentation, Kuzram, Split Desktop 4.0*

PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan adalah PT Darma Henwa di mana perusahaan ini melakukan penambangan batubara. Kegiatan penambangan pada PT Darma Henwa meliputi pembukaan lokasi tambang dan pembersihan lahan (*land clearing*), pengambilan lapisan penutup, penggalian dan pengangkutan batubara. Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan adalah pengupasan lapisan penutup dengan cara pemboran dan peledakan [1]. Kegiatan ini merupakan aspek penting yang harus diperhatikan dan menjadi faktor penentu dalam keberhasilan atau sukses usaha tambang tersebut. Dimana tidak tercapainya fragmentasi yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan tentunya akan menentukan besar kecilnya *digging time* yang dihasilkan alat gali muat yang digunakan sehingga berpengaruh terhadap produktivitas alat gali muat [2][3][5][6].

METODOLOGI

Adapun tahapan dalam metodologi penelitian ini, dibagi dalam beberapa tahapan yaitu :

1. Pengamatan dan Pengambilan data

Data-data yang diambil dilapangan yaitu berupa data geometri peledakan aktual dilapangan, data foto fragmentasi hasil peledakan, data waktu penggalian material hasil peledakan.

2. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data meliputi akurasi geometri pemboran lubang ledak, perhitungan geometri peledakan, distribusi fragmentasi menggunakan Kuzram dan *split desktop*, dan juga perhitungan *digging time* material hasil blasting.

Analisis yang akan dilakukan yaitu analisis geometri terhadap hasil peledakan, analisis hasil peledakan berdasarkan Kuzram dan *split desktop*, analisis fragmentasi boulder terhadap *digging time*, analisis faktor yang mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan.

HASIL DAN DISKUSI

Geometri peledakan adalah suatu rancangan yang diterapkan pada suatu kegiatan peledakan yakni berupa burden, spasi, *stemming*, *subdrilling*, *power change* dan juga kedalaman lubang.

Tabel-1. Geometri peledakan Plan, Aktual Bahan Peledak dan Powder Factor

N0	Nama Lokasi	Burden Plan	Burden Act	Spasi Plan	Spasi Act	Stemming Plan	Stemming Act	Powder Column Plan	Powder Column Act	Kedalaman Plan	Kedalaman Act
1	Rama 3 Mei	9	9	10	10	2,6	2,9	4,5	4,1	7,3	7
2	Rama 7 Mei	9,7	9,7	10,7	10,7	2,6	2,7	3,1	3,6	6,2	6
3	HSPE 10 Mei	8	8	9,5	9,5	4,5	5	10,5	9,3	15	14
4	Rama 13 Mei	9	9	10	10	3	3,6	7,6	8,4	11,5	10,7
5	Bimkres 13 Mei	8	8	9,5	9,5	2,8	3,5	4,4	4,4	6,7	6,3
6	HSPE 16 Mei	9	9	10	10	3,4	4	11,7	11	15,3	15,4
7	Rama 21 Mei	9	9	10	10	3,1	3,7	8,8	7,6	12	11,4
8	HSPE, 22 Mei	9	9	10	10	3,7	4,5	10,4	8,7	14,2	13,2
9	Rama, 29 Mei	8	8	9,5	9,5	2,4	2,9	4	3,2	6,4	5,4
10	Bimkres 31 Mei	8	8	9,5	9,5	2,9	3,6	4,1	5,6	7,1	7,1

Bahan peledak yang digunakan oleh PT Darma Henwa berupa *emulsi* dengan densitas 1,15 gr/cc yang mana memiliki *loading density* 36,1 kg/m.

Tabel-2. Jumlah bahan peledak dan volume batuan (m³)

N0	Nama Lokasi	Jumlah Bahan Peledak (Kg)	Volume Batuan yang Diledakkan	Powder Factor (PF)
1	Rama, 3 Mei 2018	7.775	28.734	0,27
2	Rama, 7 Mei 2018	7.974	33.071	0,24
3	HSPE, 10 Mei 2018	51.101	156.871	0,32
4	Rama, 13 Mei 2018	46.001	140.727	0,33
5	Bimkres, 13 Mei 2018	13.206	57.554	0,23
6	HSPE, 16 Mei 2018	41.298	134.775	0,31
7	Rama, 21 Mei 2018	81.985	252.168	0,33
8	HSPE, 22 Mei 2018	10.999	38.151	0,29
9	Rama, 29 Mei 2018	9.630	35.568	0,27
10	Bimkres, 31 Mei 2018	14.643	52.561	0,28

Pola peledakan yang digunakan adalah pola peledakan *hole by hole*, dengan *surface delay* yang digunakan berbeda-beda setiap kali melakukan peledakan. Pola peledakan yang digunakan adalah pola peledakan *echelon* [3].

Pengamatan *digging time* alat gali muat dilakukan pada area *inventory blasting* atau area yang sudah dilakukan peledakan yang mana pengambilan data *digging time* dilakukan sebanyak 100 kali.

Pengambilan gambar dilakukan sebanyak 5 foto yang mewakili semua area yang sudah di *blasting*, yang mana foto tersebut akan digunakan sebagai analisa untuk mengetahui ukuran fragmentasi material hasil peledakan berdasarkan *image* analisis. Pada penelitian ini digunakan bola berukuran diameter 20 cm sebagai pembanding skala dalam menganalisa gambar hasil peledakan.

Tabel-3. Digging time Excavator Liebherr LR 1733

No	Nama Lokasi dan Tanggal	Digging time rata-rata (s)
1	Rama, 3 Mei 2018	11,55
2	Rama, 7 Mei 2018	11,3
3	HSPE, 10 Mei 2018	9,63
4	Rama, 13 Mei 2018	11,9
5	Bimkres, 13 Mei 2018	10,9
6	HSPE, 16 Mei 2018	11,16
7	Rama, 21 Mei 2018	11,17
8	HSPE, 22 Mei 2018	10,23
9	Rama, 29 Mei 2018	8,4
10	Bimkres, 31 Mei 2018	10,4



Gambar-1. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Dalam kegiatan peledakan sangat erat kaitannya dengan index kemampuleledakan (*Blastability Index*) dan juga faktor batuan yang akan diledakkan. Tabel 4 menjelaskan faktor batuan yang dihasilkan di lapangan.

Tabel-4. Distribusi Fragmentasi Batuan dengan metode Kuznetsov– Rammler (KUZRAM)

No	Nama Area	RMD	JPS	JPO	SGI	H	Blastability Index	RF
		Bobot	Bobot	Bobot	Bobot isi	Mohs		
1	Rama 3 Mei 2018	10	20	20	7,5	3,47	30,48	3,65
2	Rama 7 Mei 2018	10	20	20	7,5	3,47	30,48	3,85
3	Hsp 10 Mei 2018	10	20	20	4	3,2	28,6	3,4
4	Rama 13 Mei 2018	10	20	40	3	0,19	36,59	4,3
5	Bimkres 13 Mei 2018	10	10	20	2,25	0,52	22,24	2,66
6	Hsp 16 Mei 2018	10	10	40	4,5	0,52	32,51	3,9
7	Rama 21 Mei 2018	10	10	40	2,75	0,04	31,39	3,7
8	Hsp 22 Mei 2018	10	10	20	4	0,53	22,26	2,67
9	Rama 29 Mei 2018	10	10	40	7	2,55	34,77	4,17
10	Bimkres 31 Mei 2018	10	10	20	2,25	0,52	21,38	2,56

Parameter yang digunakan adalah geometri peledakan yang digunakan, karakteristik massa batuan atau faktor batuan di area yang akan dilakukan peledakan dan juga jenis bahan peledak. Tabel-5 menjelaskan fragmentasi batuan yang dihasilkan Kuz-Ram.

Tabel-5. Distribusi Fragmentasi Dengan Metode *Image Analysis*

No	Nama Lokasi	Persentase Fragmentasi					Boulder (>100 cm)
		<20	21-40	41-60	61-80	81-100	
1	Rama, 3 Mei 2018	30,7	23,02	14,79	10,07	6,85	14,57
2	Rama, 7 Mei 2018	35,99	21,94	14,78	9,59	6,22	11,48
3	HSPE, 10 Mei 2018	67,49	25,61	5,1	1,32	0,36	0,12
4	Rama, 13 Mei 2018	27,31	21,28	14,55	10,43	7,48	18,95
5	Bimkres, 13 Mei 2018	35,15	24,94	14,69	9,31	5,85	10,06
6	HSPE, 16 Mei 2018	37,83	25,91	14,42	8,69	5,23	7,92
7	Rama, 21 Mei 2018	35,5	25,06	14,68	9,21	5,71	9,84
8	HSPE, 22 Mei 2018	44,97	27,72	13,04	6,82	3,56	3,89
9	Rama, 29 Mei 2018	48,02	28,16	12,2	5,95	2,95	2,77
10	Bimkres, 31 Mei 2018	41,51	26,98	13,83	7,75	4,36	5,57

Penentuan distribusi fragmentasi peledakan dengan menggunakan *image analysis* yaitu dengan menganalisa hasil pemotretan foto fragmentasi aktual hasil peledakan dilapangan. Aplikasi yang digunakan dalam mengolah data *image analysis* yaitu split desktop versi 4.0. Perbandingan split desktop 4.0 dengan split desktop sebelumnya adalah split desktop 4.0 tentunya lebih aman, lebih cepat dan lebih mudah digunakan dari split desktop sebelumnya. Split desktop 4.0 juga memiliki aplikasi split kamera yang dapat digunakan untuk memperoleh gambar material hasil *blasting* tanpa perlu obect berskala di tempat kejadian, yang mana gambar yang diperoleh menggunakan aplikasi ini memiliki fitur skala otomatis. Tabel-6 menjelaskan distribusi fragmentasi berdasarkan *image analisis*.

Tabel-6. Fragmentasi hasil peledakan

No	Nama Lokasi	Persentase Fragmentasi					
		< 20	21-40	41-60	61-80	81-100	>100 Bolder
1	Rama, 3 Mei 2018	42,08	28,84	12,61	5,72	3,62	7,13
2	Rama, 7 Mei 2018	49,42	27,72	12,66	6,85	2,85	3,65
3	HSPE, 10 Mei 2018	55,11	40,37	0,5	3,05	0,89	0,08
4	Rama, 13 Mei 2018	26,81	21,46	21,38	13	6,75	10,6
5	Bimkres, 13 Mei 2018	25,37	23,47	22,64	15,32	8,44	4,76
6	HSPE, 16 Mei 2018	23,95	22,87	20,7	13,06	7,86	11,56
7	Rama, 21 Mei 2018	26,27	20,03	19,48	13	7,67	4,7
8	HSPE, 22 Mei 2018	41,18	31,36	18,2	6,68	2	0,58
9	Rama, 29 Mei 2018	44,82	35,89	14,67	3,11	1,17	0,34
10	Bimkres, 31 Mei 2018	44,56	30,7	13,26	5,61	30,7	2,8

Dari semua aspek-aspek yang mempengaruhi distribusi peledakan yang dapat direkayasa adalah geometri peledakan. Geometri peledakan meliputi burden, spasi, kedalaman, kolom isian bahan peledak dan juga *stemming* yang digunakan. Pada penelitian ini burden dan spasi yang digunakan sudah sesuai dengan yang sudah direncanakan. Burden dan spasi yang digunakan sangat mempengaruhi hasil fragmentasi hasil peledakan. Hal ini disebabkan apabila penggunaan burden yang terlalu besar

maka gelombang tekan akan menempuh jarak yang jauh terhadap bidang bebas. Namun selain burden, penggunaan spasi juga sangat mempengaruhi fragmentasi peledakan walaupun penggunaan burden sangat erat kaitannya dengan spasi yang digunakan. Apabila penggunaan spasi yang terlalu besar maka pada daerah batuan yang berkekar kemungkinan tidak terdapat lubang ledak sehingga fragmentasi batuan yang berukuran besar akan semakin banyak. Kedalaman lubang ledak yang digunakan dalam setiap peledakan berbeda beda pada setiap lubang ledak karena menyesuaikan kedalaman yang akan dicapai. Pada penelitian ini kedalaman yang digunakan banyak mengalami penyimpangan atau ketidaksesuaian dengan yang sudah direncanakan. Hal ini dikarenakan pada saat *prepare area*, hasil pengeboran tidak rata atau bergelombang dan juga akibat runtuhnya lubang ledak yang sudah dilakukan pengeboran. Tabel-7 menjelaskan ketidakakuratan antara kedalaman plan dan actual.

Tabel-7. Perbedaan plan dan actual

No	Nama Lokasi	H Plan	H Act	Persentase Boulder (%)	
				Kuzram	Image Analysis
1	Rama, 3 Mei 2018	7,3	7	14,57	7,13
2	Rama, 7 Mei 2018	6,2	6	11,48	3,65
3	HSPE, 10 Mei 2018	15	14	0,12	0,08
4	Rama, 13 Mei 2018	11,5	10,74	18,95	10,6
5	Bimkres, 13 Mei 2018	6,7	6,3	10,06	4,76
6	HSPE, 16 Mei 2018	15,31	15,43	7,92	11,56
7	Rama, 21 Mei 2018	12	11,4	9,84	4,7
8	HSPE, 22 Mei 2018	14,2	13,2	3,89	0,58
9	Rama, 29 Mei 2018	6,4	5,4	2,77	0,34
10	Bimkres, 31 Mei 2018	7,1	7,1	5,57	2,8

Ketidaksesuaian kedalaman lubang ledak dapat lebih atau kurang dari yang sudah direncanakan, hal ini dapat kita lihat pada lokasi Rama 3 mei dimana kedalaman rencana 7,3 m sedangkan *actual* dilapangan 7 m. Dalam penelitian ini pengaruh kedalaman terhadap tingkat fragmentasi batuan tidak terlalu signifikan, namun penggunaan lubang ledak yang tidak sesuai rencana akan sangat mempengaruhi *stemming* dan kolom isian yang nantinya sangat mempengaruhi distribusi fragmentasi. Hal ini dapat kita lihat pada lokasi Rama 7 mei kedalaman *actual* 7 m menghasilkan fragmentasi 14,7 sedangkan pada Hspe 10 mei kedalaman *actual* 14 m menghasilkan 0,12 m. *Stemming* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya bongkahan besar pada hasil peledakan yang lebih besar. Hal ini terjadi karena terjadi karena energi peledakan menjadi tidak kuat untuk menghancurkan material.

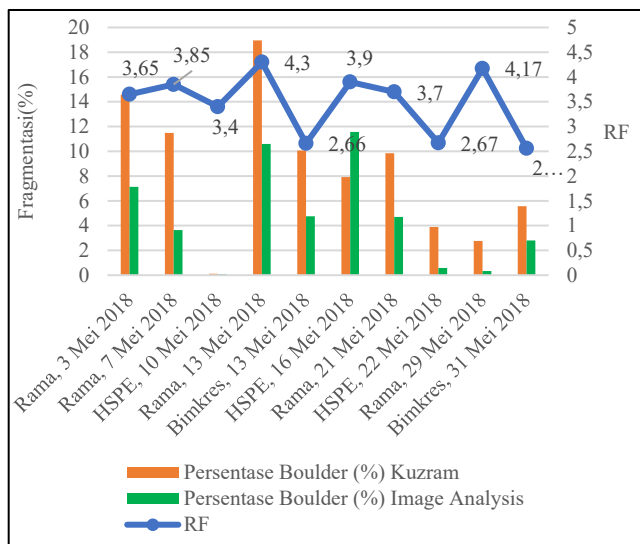
Namun apabila penggunaan *stemming* yang terlalu pendek maka akan mengakibatkan *fly rock*. Kolom isian bahan peledak yang digunakan akan berbanding terbalik dengan *stemming* yang digunakan. Semakin tinggi kolom isian yang digunakan maka akan mengakibatkan penggunaan *stemming* yang terlalu pendek. Semakin pendek kolom isian yang digunakan maka akan menghasilkan fragmentasi boulder yang semakin besar dan begitu sebaliknya. Tabel 8. menjelaskan ketidakakuratan kolom isian yang mengakibatkan *stemming* tidak akurat.

Tabel-8. Pengisian stemming terhadap fragmentasi batuan

No	Nama Lokasi	Stemming (T)		Kolom Isian (PC)		Persentase Boulder (%)	
		Plan (m)	Aktual (m)	Plan (m)	Aktual (m)	Kuzram	Image Analysis
1	Rama, 3 Mei 2018	2,6	2,9	4,5	4,1	14,57	7,13
2	Rama, 7 Mei 2018	2,6	2,7	3,1	3,6	11,48	3,65
3	HSPE, 10 Mei 2018	4,5	5	10,5	9,3	0,12	0,08
4	Rama, 13 Mei 2018	3	3,6	7,6	8,4	18,95	10,6
5	Bimkres, 13 Mei 2018	2,8	3,5	4,4	4,4	10,06	4,76
6	HSPE, 16 Mei 2018	3,4	4	11,7	11,3	7,92	11,56
7	Rama, 21 Mei 2018	3,1	3,7	8,8	7,6	9,84	4,7
8	HSPE, 22 Mei 2018	3,7	4,5	10,4	8,7	3,89	0,58
9	Rama, 29 Mei 2018	2,4	2,8	4	3,2	2,77	0,34
10	Bimkres, 31 Mei 2018	2,9	3,6	4,1	5,6	5,57	2,8

Berdasarkan tabel-8, dapat dilihat pada lokasi Rama 13 Mei dimana stemming yang digunakan mencapai 3,6 m dan kolom isian 8,4 m menghasilkan fragmentasi *boulder* 18,95% sedangkan pada lokasi Rama 29 Mei stemming yang digunakan 2,8 m dan kolom isian 4 m menghasilkan fragmentasi *boulder* 2,77%.

Faktor batuan juga sangat mempengaruhi distribusi peledakan, namun faktor batuan yang ada dilapangan tidak dapat dikendalikan. Faktor batuan yang ada dilapangan akan sangat mempengaruhi dalam perencanaan geometri yang akan digunakan dalam peledakan.



Gambar-2. Perbandingan Fragmentasi Hasil peledakan dengan metode Kuz-Ram dan Image Analisis

Pada perhitungan distribusi fragmentasi hasil peledakan berdasarkan metode Kuzram, fragmentasi yang dihasilkan dapat diprediksi sebelum dilakukan peledakan. Sedangkan pada metode image analisis, analisis fragmentasi yang dihasilkan berdasarkan fragmentasi aktual yang ada dilapangan yang diambil berupa gambar fragmentasi. Tabel 9 dan 10 menjelaskan perbandingan distribusi fragmentasi Kuzram dan Split Desktop.

Tabel-9. Distribusi fragmentasi Kuzram dan split desktop

No	Nama Lokasi	Persentase Fragmentasi Boulder (> 100 cm)		Persentase Fragmentasi Boulder (< 100 cm)	
		KuzRam %	Image Analisis %	KuzRam %	Image Analisis %
1	Rama, 3 Mei 2018	14,57	7,13	85,43	92,87
2	Rama, 7 Mei 2018	11,48	3,65	88,52	96,34
3	HSPE, 10 Mei 2018	0,12	0,08	99,88	99,92
4	Rama, 13 Mei 2018	18,95	10,6	81,05	89,4
5	Bimkres, 13 Mei 2018	10,06	4,76	89,94	95,24
6	HSPE, 16 Mei 2018	7,92	11,56	92,08	88,44
7	Rama, 21 Mei 2018	9,84	4,7	90,16	95,29
8	HSPE, 22 Mei 2018	3,89	0,58	96,11	99,42
9	Rama, 29 Mei 2018	2,77	0,34	97,23	99,66
10	Bimkres, 31 Mei 2018	5,57	2,8	94,43	99,72

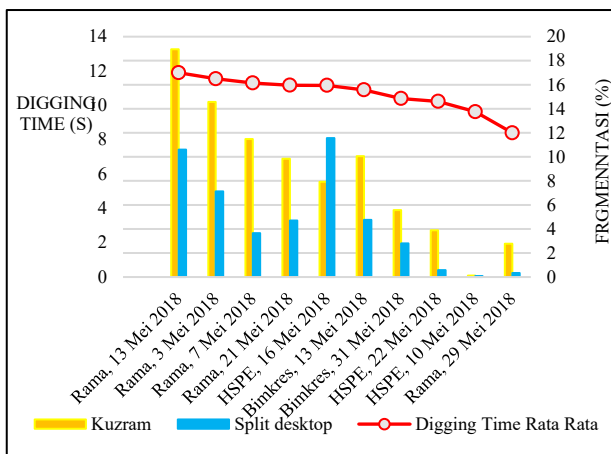
Tabel-10. Selisih fragmentasi Kuzram dan split desktop

No	Nama Lokasi	Persentase Fragmentasi Boulder (> 100 cm)		Selisih	Persentase Fragmentasi < 100 cm		Selisih
		KuzRam %	Image Analisis %		KuzRam %	Image Analisis %	
1	Rama, 3 Mei 2018	14,57	7,13	7,44	85,43	92,87	7,44
2	Rama, 7 Mei 2018	11,48	3,65	7,83	88,52	96,34	7,82
3	HSPE, 10 Mei 2018	0,12	0,08	0,44	99,88	99,92	0,04
4	Rama, 13 Mei 2018	18,95	10,6	8,35	81,05	89,4	8,35
5	Bimkres, 13 Mei 2018	10,06	4,76	5,3	89,94	95,24	5,3
6	HSPE, 16 Mei 2018	7,92	11,56	-3,64	92,08	88,44	-3,64
7	Rama, 21 Mei 2018	9,84	4,7	5,14	90,16	95,29	5,13
8	HSPE, 22 Mei 2018	3,89	0,58	3,31	96,11	99,42	3,31
9	Rama, 29 Mei 2018	2,77	0,34	2,43	97,23	99,66	2,43
10	Bimkres, 31 Mei 2018	5,57	2,8	2,77	94,43	99,72	5,29
Average				3,89	Average		4,14

Perbedaan yang terjadi antara fragmentasi batuan dengan Kuz-Ram dan Image Analisis yaitu disebabkan oleh

- Pada perhitungan Kuz-Ram faktor kandungan air pada massa batuan yang akan diledakkan tidak diperhitungkan. Hal ini dapat meningkatkan terbentuknya pori-pori dalam massa batuan. Selain itu kandungan air dalam pori-pori akan memberikan tekanan sehingga mampu melawan kuat tekan dan juga kuat geser yang dihasilkan sehingga mempersulit pecahnya batuan.
- Pada perhitungan Kuz-Ram dalam perhitungan distribusi fragmentasi angka yang digunakan untuk seluruh geometri yang digunakan adalah rata-rata, sedangkan pada actual dilapangan kedalaman, steaming, kolom isian yang digunakan dalam tiap lubang berbeda

- c) Pada perhitungan Kuz-Ram tidak memperhitungkan surface delay yang digunakan, sedangkan distribusi fragmentasi boulder sangat dipengaruhi oleh surface delay yang digunakan, dimana semakin cepat *surface delay* yang digunakan maka proses meledaknya setiap lubang ledak semakin cepat sehingga energi yang dihasilkan untuk meledakkan batuan semakin besar juga.
- d) Pada perhitungan Kuz-Ram bahan peledak yang digunakan pada setiap peledakan berdasarkan rata-rata, sedangkan bahan peledak pada setiap lubang ledak pada saat peledakan berbeda-beda sehingga fragmentasi.
- e) Pada perhitungan menggunakan *image* analisis pengambilan gambar dilapangan sangat mempengaruhi hasil analisis. Fragmentasi batuan yang hanya mengalami keretakan tanpa muncul kepermukaan dalam setiap peledakan tidak dapat diperhitungkan dengan menggunakan *image* analisis
- f) Ketelitian dalam digitasi fragmentasi juga sangat mempengaruhi hasil analisis, dimana proses digitasi yang tidak tepat akan mempengaruhi tingkat distribusi fragmentasi boulder yang dihasilkan. Tabel 8. menjelaskan dimana terdapat selisih distribusi fragmentasi berdasarkan KuzRam dan juga berdasarkan split desktop 4.0.



Gambar-3. Perbandingan antara fragmentasi boulder terhadap waktu gali alat gali muat.

Perbedaan *digging time* tersebut diakibatkan tingkat fragmentasi boulder yang berbeda-beda, dimana berdasarkan teori bahwa semakin banyak boulder yang dihasilkan pada setiap kegiatan peledakan maka waktu yang dibutuhkan untuk menggali material tersebut semakin besar pula. Pada kegiatan penelitian yang dilakukan waktu gali yang paling besar yaitu pada *loading inventory blasting* pada Rama 13 Mei 2018 dan juga Rama 03 Mei 2018 dimana *digging time* rata-rata masing-masing area adalah 11,90 detik dan 11,55 detik dengan. Hal ini tentu jauh di bawah batas yang sudah direncanakan dimana waktu untuk menggali material *inventory blasting* adalah 10 detik. Waktu kegiatan penggalian yang besar ini disebabkan oleh fragmentasi aktual dilapangan yang memiliki fragmentasi boulder yang begitu besar, yakni 14,57 % dan juga 18,95 % sedangkan target fragmentasi boulder hasil peledakan tidak lebih dari 10%. Sedangkan fragmentasi yang paling optimal yang tidak terdapat fragmentasi boulder yaitu ketika peledakan pada area HSPE 10 mei 2018 dimana fragmentasi boulder hanya 0,08

%. Akan tetapi, tidak semua fragmentasi yang memiliki tingkat boulder yang kecil akan memiliki *digging time* yang kecil seperti pada teori. Keadaan aktual dilapangan didapatkan bahwa *digging time* yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni kondisi *front loading*, keahlian operator.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penerapan geometri peledakan yang digunakan saat ini belum sesuai dengan target yang di inginkan dimana fragmentasi boulder (>100 cm) sebesar 10% dengan *digging time* material blasting 10 detik masih belum tercapai.
 2. Fragmentasi yang dihasilkan oleh *image* analisis dan Kuzram memiliki selisih sebesar 3,89 %, dimana distribusi fragmentasi boulder yang dihasilkan dengan metode Kuzram lebih besar 3,89% dibanding fragmentasi yang dihasilkan *image* analisis. Perbedaan ini terjadi disebabkan karena pada perhitungan fragmentasi Kuzram seluruh geometri peledakan berdasarkan nilai rata-rata sedangkan dilapangan geometri yang digunakan berbeda-beda dan juga pada perhitungan fragmentasi berdasarkan *image* analisis fragmentasi peledakan yang hanya mengalami keretakan tidak diperhitungkan.
 3. Besar kecilnya distribusi fragmentasi boulder yang dihasilkan kegiatan peledakan sangat berdampak terhadap *digging time* alat gali muat, dimana semakin besar fragmentasi boulder maka *digging time* alat gali muat semakin besar dan sebaliknya namun hal tersebut dilapangan tidak selalu demikian Keadaan aktual dilapangan didapatkan bahwa *digging time* yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni kondisi *front loading*, keahlian operator saat menggunakan alat dan juga kerapatan fragmentasi yang dihasilkan. .
 4. Faktor yang mempengaruhi fragmentasi boulder adalah geometri peledakan yang digunakan yaitu meliputi burden, spasi, stemming, kedalaman, kolom isian, bahan peledak yang digunakan dan juga faktor batuan yang akan diledakkan. Selain itu faktor teknis pengerjaan dilapangan juga mempengaruhi fragmentasi boulder dimana persiapan area yang tidak rata, kedalaman lubang bor dan juga isian bahan peledak yang tidak sesuai dengan rencana.
 5. Rancangan geometri usulan dengan menggunakan metode C.J Konya dan juga dengan simulasi prediksi distribusi fragmentasi batuan berdasarkan metode Kuzram adalah dengan mengurangi burden dan spasi yakni menjadi 8m x 9m sehingga didapatkan ukuran fragmentasi < 100 cm sebesar 94,2% dan ukuran fragmentasi boulder > 100 cm sebesar 5,8%.
- Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:
1. Sebaiknya area yang akan dilakukan pengeboran dilakukan perataan area yang maksimal supaya kedalaman lubang ledak sesuai dengan yang direncanakan
 2. Sebaiknya alat yang berada di sekitar area peledakan dapat dilakukan travel (pemindahan) sehingga pada waktu peledakan yang sudah ditentukan tepat waktu

- tanpa menunggu pemindahan alat yang berada disekitar area.
3. Sebaiknya dalam pemilihan alat gali muat untuk material overburden hasil peledakan digunakan *big digger* atau ukuran besar dan untuk material interburden dapat menggunakan *medium digger* sebagai alat gali.
 4. Sebaiknya dalam pengambilan gambar untuk pengolahan *image* analisis dilakukan pembagian area *inventory blasting* supaya dapat mewakili semua bagian hasil peledakan.
 5. Sebaiknya untuk penelitian berikutnya pengambilan gambar dilapangan menggunakan split kamera yang disediakan software split desktop 4.0

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada orangtua saya yang membantu dan memberi semangat kepada saya. Pembimbing lapangan Pak Nopan Penjaitan, crew Drill and Blast PT Darma Henwa Satui. Dosen pembimbing Bapak Marselinus Untung Dwiatmoko S.T., M.Eng dan Bapak Hafiz Noor Fikri, S.T., M.T yang telah membimbing dan membantu saya dalam proses pembuatan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kramadirata, "Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian." Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung, 2004.
- [2] B. Bozic, "Monitoring to Evaluate Blasting Quality and the Prediction of Fragmentation", *Int. Engineering Modelling Journal*, vol 14, pp. 61-71, 2001.
- [3] A. Kuswanto, "Kajian pengaruh arah peledakan terhadap fragmentasi batuan overburden hasil peledakan berdasarkan Model Kuz-Ram", *Jurnal Himasapta*, vol 7, pp. 117-122, 2022.
- [4] F. Fitriani, "Kajian Teknis Pengaruh fragmentasi Terhadap Digging Time Exavator PC 2000 Pada Peledakan Interburden B2C di Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk," Skripsi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2015.
- [5] E. Hoek, "Rock Mass Geologically Friendly Tool for Rosck Mass Strength Estimation", in *Proceedings of the GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering*, Melbourne, 2000, pp. 1422-1466.
- [6] S. Ramadana, "Analisis Geometri Peledakan Guna Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Diinginkan untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat Pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Tanah Penutup (Overburden) di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista Job Site PT. KPUC, Malinau, Kalimantan Utara," Skripsi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang, Padang, 2018.
- [7] G.A. Kanigoro., "Kajian Geometri Peledakan Tanah Penutup Terhadap Waktu Gali Komatsu PC 2000, Pit Tutupan PT. Pama Persada Nusantara Jobsite Adaro," Skripsi, Fakultas Teknologi Mineral Program Studi Teknik Pertambangan, Uiversitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta, 2018.
- [8] S. Koesnaryo, *Rancangan Peledakan Batuan. Teknik Pertambangan*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran, 2001.
- [9] C.J. Konya, *et al.*, *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice Hall-Engle Wood Cliffs, 1990.
- [10] M.M. Protodyakonov, *New Methods of Determining Mechanical Properties of Rock*. England: Trans Tech Publications, 2009.