



Optimasi Produksi Batugamping Berdasarkan Kondisi Struktur Geologi Untuk Rancangan Geometri Peledakan

Optimization of Limestone Production Based on Geological Structure Conditions for Blasting Geometry Design

Fachrur Reza Assegaff¹, Cipta Endyana¹, Nana Sulaksana¹, Dwi Putranto Waloeyo²

¹ Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran, Bandung

² Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta

e-mail: alfrezza.asegaff20@gmail.com

Naskah diterima : 10 Oktober 2020, Revisi terakhir : 15 Mei 2020 Disetujui : 18 Mei 2020, Online : 18 Mei 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.21.2.69-76p>

Abstrak- Lokasi penelitian terletak di Sumber Arum, sebuah desa di Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur. Objek penelitian ini mencakup kondisi struktur geologi di sekitar lokasi penambangan serta pengaruhnya terhadap kegiatan peledakan Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh rancangan geometri peledakan yang sesuai dengan kondisi struktur geologi di lokasi penambangan agar fragmentasi peledakan yang dihasilkan memiliki ukuran yang seragam guna meningkatkan jumlah produksi perusahaan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggabungkan antara data-data hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan dengan teori rancangan peledakan. Dari data-data tersebut, selanjutnya dilakukan analisis dan percobaan kegiatan peledakan serta membandingkan hasil yang diperoleh dari rancangan peledakan aktual dengan rancangan peledakan usulan. Dari hasil perhitungan rancangan geometri peledakan, diperoleh nilai geometri peledakan usulan diantaranya, burden 2,5 meter, spasi 3 meter, stemming 1,75 meter, subdrilling 0,5 meter, kelaman lubang tembak 6,5 meter dan arah peledakan terletak pada titik N037°E. Berdasarkan penerapannya, fragmentasi hasil peledakan dengan ukuran 80 cm merata dengan presentase 99,44% dari total fragmentasi hasil peledakan dan jumlah produksi batugamping yang dihasilkan dalam satu tahun adalah 20.138.946 ton.

Katakunci: geometri peledakan, produksi, batugamping, struktur geologi.

Abstract- The research location is in Sumber Arum, a village in Kerek District, Tuban Regency, East Java. The object of this study includes the state of the geological structure around the mining site and its effect on blasting activities. The purpose of this study is to obtain a blasting geometry design that is suitable for the geological structure conditions at the mining site so that the resulting blasting fragmentation has a uniform size to increase the amount of company production. The method used in this study is to combine data from measurements and observations in the field with blasting design theory. From these data, further analysis and trial blasting activities are conducted and the results obtained from the actual blasting plan with the proposed blasting plan are compared. The calculation results of the blasting geometry design obtained the proposed blasting geometry values, including the burden of 2.5 meters, the spacing of 3 meters, the stemming of 1.75 meters, the subdrilling of 0.5 meters, the shot hole depth of 6.5 meters, and the direction of the explosion of 6.5 meters that is located at point N37°E. Based on the application, the blasting fragmentation with a size of 80 cm is evenly distributed, with a percentage of 99.44% of the total fragmentation resulting from blasting. The amount of limestone produced in one year is 20.138.946 tons.

Keywords: blasting geometry, production, limestone, geological structure

PENDAHULUAN

Dalam suatu kegiatan peledakan (*blasting*), keberhasilan suatu operasi peledakan yang optimal secara teknis biasanya tidak diraih seketika, melainkan harus melewati beberapa percobaan dengan mengubah-ubah parameter peledakan sampai akhirnya diperoleh hasil yang memuaskan (Waloeyo dan Assegaff, 2015). Optimalisasi produksi dari suatu kegiatan pemboran dan peledakan perlu ditinjau lebih dalam lagi, salah satunya adalah dari aspek teknis, adapun sasaran akhir dari kegiatan penelitian optimalisasi produksi peledakan adalah untuk memperoleh fragmentasi batuan yang relatif seragam dan diharapkan akan memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya seperti pemuatan, pengangkutan, dan peremukan (Koesnaryo, 2001). Kegiatan penambangan batugamping yang dilakukan oleh perusahaan adalah untuk memenuhi material bahan baku dalam produksi semen. Untuk memproduksi semen, dibutuhkan bahan baku yang terdiri atas 75,95% batugamping, 1,9% pasir besi, 20,94% tanah lempung dan 1,21% pasir kwarsa. Material bahan baku semen ini nantinya akan dicampurkan dengan gipsum. Perbandingan material tersebut gipsum adalah 95:5, atau 95% material campuran bahan baku semen dan 5% gipsum. (Anonim, 2015). Secara geografis, aktivitas tambang terbuka batugamping berada di Desa Sumberarum, di Kecamatan Kerek, Tuban, Provinsi Jawa Timur Gambar 1.

Terdapat dua cara dalam pembongkaran batugamping, yaitu cara penggarukan dan penggusuran untuk batugamping yang relatif lunak; serta cara pemboran dan peledakan untuk batugamping yang relatif keras. Pada lokasi penambangan, keterdapatn batu induk batugamping keras lebih mendominasi kawasan, sehingga cara pemboran dan peledakan lebih banyak dilakukan. Dalam pembongkaran batugamping dari batuan induk, kegiatan pemboran dan peledakan dilakukan untuk memperoleh fragmentasi yang relatif seragam, yaitu berukuran kurang atau sama dengan 80 cm. Ukuran ini disesuaikan dengan maksimum dimensi ukuran mulut alat peremuk batuan. Keseragaman fragmentasi ini dimaksudkan untuk mempermudah operasional penambangan lanjutan (pemuatan material tambang, transportasi, dan peremukan). Keberhasilan proses peledakan ditunjukkan oleh fragmentasi batuan hasil peledakan yang sesuai untuk proses selanjutnya dalam upaya peningkatan hasil produksi. Nilai rancangan geometri peledakan sangat diperhatikan karena penerapan ukuran hingga bahan peledak pada setiap lubangnya sangat mempengaruhi hasil keseragaman fragmentasi peledakan. Geometri peledakan yang dimaksud meliputi hal seperti: burden, spasi, steaming, sub drilling, kolom isian, dan

arah peledakan. Perlapisan batuan dan struktur geologi (kekar dan patahan) merupakan bidang lemah pada batuan induk dan menjadi faktor yang sangat berpengaruh dalam penentuan arah peledakan (Ash, 1963). Dari pengamatan di lapangan, terdapat suatu permasalahan yaitu penerapan geometri peledakan yang tidak mempertimbangkan faktor perlapisan batuan dan struktur geologi, sehingga fragmentasi hasil peledakan kurang maksimal di lokasi penambangan. Maka dari itu, penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis faktor perlapisan batuan dan struktur geologi dalam penentuan arah peledakan untuk optimalisasi produk fragmentasi batuan.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah menentukan rancangan geometri peledakan yang sesuai dengan kondisi struktur geologi di lokasi penambangan, agar memperoleh ukuran fragmentasi hasil peledakan yang seragam dan meningkatkan produksi perusahaan. Sedangkan manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan pembelajaran dalam penentuan keberhasilan kegiatan peledakan selanjutnya.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggabungan teori dan data peledakan untuk memperoleh pendekatan dalam penyelesaian masalah. Tahap penelitian yang dilakukan adalah studi litelatur, penelitian dilapangan dan pengambilan data. Studi litelatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang diperoleh dari perusahaan dan perpustakaan. Penelitian dilapangan dalam pelaksanaan dilakukan survei geologi permukaan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap keadaan geologi permukaan dan mencari informasi pendukung yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.



Gambar 1. Tampilan Arah Ketidakmenerusan Berdasarkan Software Dips 5.0

Pengambilan data dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap persiapan proses peledakan dan fragmentasi hasil peledakan perusahaan. Pengolahan data dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran dilapangan dengan menggunakan perbandingan metode, teknik dan variabel dari beberapa penelitian terdahulu (Tabel 1). Selanjutnya data tersebut dilakukan analisis dan disajikan dalam tabel dan gambar. Analisa hasil pengelompokan data dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif guna memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut dalam bagian pembahasan.

Tabel 1. Matriks Perbandingan Metode, Teknik, dan Variabel dari Penelitian Terdahulu

Nama Tahun Publikasi	Judul	Metode/ teori	Teknik Analisis	Variabel	Hasil
F.R. Assegaff	Optimasi Produksi Berdasarkan Kondisi Struktur Geologi Untuk Rancangan Geometri Peledakan 4	Peledakan Listrik / R.L. Ash	- Deskripsi Data - Analisis Arah Peledakan Berdasarkan <i>software dips 5.0</i> - Analisis Rancangan Geometri Peledakan - Analisis Rancangan Geometri Peledakan - Analisis Distribusi Ukuran Fragmentasi persamaan <i>Cunningham</i> - Analisis Target Produksi	- Data Pengukuran Strike/Dip - Perhitungan Rancangan Geometri Peledakan - Perhitungan Distribusi Fragmenasi Batuan - Perhitungan Target Produksi	- Memperoleh Arah Peledakan Berdasarkan Struktur Geologi menggunakan <i>Software Dips 5.0</i> - Memperoleh Rancangan Geometri Peledakan - Memperoleh Rancangan Geometri Peledakan - Memperoleh Presentase Nilai Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan - Memperoleh target Jumlah Produksi Berdasarkan Rancangan Geometri Peledakan
Jurnal JPE, Vol 20, NO. 2 Bulan November Tahun 2016	Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan <i>Digging Time Material Blasting</i>	Peledakan Listrik / R.L. Ash	- Analisis Rancangan Geometri Peledakan - Analisis fragmentasi Batuan Kuz-Ram	- Perhitungan Rancangan Geometri Peledakan - Perhitungan Fragmentasi Batuan	- Memperoleh Rancangan Geometri Peledakan - Menghasilkan Nilai Rata-Rata Fragmentasi Batuan
Jurnal Geomine, Vol 03, Desember 2015	Analisis Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak, <i>Burden</i> dan <i>Spasing</i> Terhadap Perolehan Fragmentasi Batugamping	Peledakan Listrik / R.L. Ash	- Analisis <i>Blasting Ratio</i> - Analisis fragmentasi Batuan Kuz-Ram	- Perhitungan <i>Blasting Ratio</i> - Perhitungan Fragmentasi Batuan	- Memperoleh Nilai Kedalaman Lubang Tembak Yang Berpengaruh Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan
Seminar Nasional Kebumihan Ke - 9. 6 - 7 Oktober 2014	Kajian Teknis Geometri peledakan Berdasarkan Analisis <i>Blastability</i> dan <i>Digging Rate</i> Alat Gali Muat di Pit MT-4	Peledakan Listrik / R.L. Ash	- Analisis Rancangan Geometri Peledakan - Analisis <i>Digging Rate</i> dan Produktivitas <i>Excavator Komatsu PC 2000</i> - Analisis Distribusi Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan Kuz-Ram	- Perhitungan Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan <i>Blastability</i> - Perhitungan Distribusi Fragmentasi Batuan	- Mendapatkan Nilai <i>Blastability Index</i> dan Rancangan Geometri Peledakan - Memperoleh Nilai <i>Digging Rate</i> Rata-Rata Serta Pengaruh Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat - Menghasilkan Nilai Rata-Rata Fragmentasi Batuan
Seminar Nasional Kebumihan Tahun 2011	Kajian Teknis Operasi Peledakan Untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara	Peledakan Listrik / R.L. Ash	- Analisis Geometri Peledakan - Analisis Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan	- Perhitungan Rancangan Geometri Peledakan - Perhitungan Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram	- Memperoleh Presentase Hasil Peledakan - Memperoleh Hasil Ukuran Fragmentasi Peledakan

HASIL PENELITIAN

Keberhasilan suatu operasi peledakan yang optimal secara teknik dalam suatu kegiatan peledakan (*blasting*) dibutuhkan beberapa percobaan dengan mengubah parameter peledakan. Oleh karena itu, digunakan beberapa penelitian terdahulu untuk mempermudah proses perbandingan dan pengolahan data berdasarkan teknik analisis serta variabel seperti yang dijelaskan pada (Tabel 1). Hal ini kemudian terus diujicobakan hingga akhirnya diperoleh hasil yang cocok dan sesuai dengan kebutuhan. Sasaran akhir dari penelitian ini adalah mengoptimalkan produksi perusahaan berdasarkan rancangan geometri peledakan dan hasil fragmentasi bantuan yang relatif seragam. Penelitian ini diharapkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya seperti pemuatan, pengangkutan, dan pemukiman.

Struktur Geologi

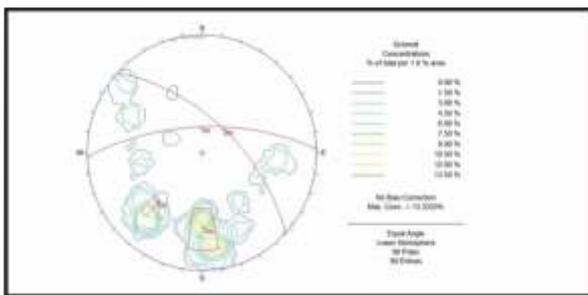
Endapan batugamping di lokasi penelitian ini miring kearah utara dengan kemiringan 10° - 15° serta jurus sebesar N 245° E - N 260° E dan termasuk ke dalam cekungan Rembang bagian Timur. Struktur geologi yang dimaksud adalah kekar (*joint*). Pengertian kekar (*joint*) yaitu struktur rekahan pada batuan yang relatif tanpa mengalami pergeseran atau bahkan tidak ada pada bidang rekahnya.

Kekar (*joint*) terbentuk akibat proses tektonik, pelapukan, ataupun perubahan temperatur yang signifikan. Sifat bidang yang memisahkan batuan menjadi bagian terpisah dimiliki oleh struktur batuan dalam bidang pecah ini. Oleh karena itu, struktur kekar (*joint*) ini adalah jalan atau rongga kesarangan batuan yang dapat dilalui materi-materi dari luar seperti air, gas, dan unsur-unsur lainnya. Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, terdapat dua jenis kekar (*joint*), yaitu kekar mayor dengan arah N 189° E/39 dan kekar minor dengan arah N 228° E/33 (Anonim, 2015).

Data-data di atas merupakan data pengukuran kekar dilapangan (Tabel 2). Kemudian dari data pengukuran tersebut (Tabel 2) dijadikan sebagai penentuan arah peledakan dengan memanfaatkan sudut tumpul yang dibentuk dari kedua kekar tersebut. Penyesuaian bidang bebas yang digunakan adalah sejajar dengan perpotongan dari kedua kekar yang ada (Gambar 2). Sehingga arah peledakan yang diperoleh berdasarkan hasil perpotongan dari kedua arah kekar adalah pada titik N 037° E.

Tabel 2. Data Pengukuran Kekar di lapangan

No	Jurus (N...°E)	Kemiringan (...°)	No	Jurus (N...°E)	Kemiringan (...°)	No	Jurus (N...°E)	Kemiringan (...°)
1	273	49	31	322	66	61	266	54
2	330	62	32	195	82	62	267	72
3	172	66	33	257	83	63	310	73
4	281	66	34	261	86	64	324	63
5	235	53	35	265	84	65	265	50
6	10	70	36	37	82	66	305	65
7	27	68	37	244	69	67	342	72
8	25	69	38	248	72	68	24	32
9	293	69	39	237	67	69	257	70
10	309	73	40	274	74	70	273	63
11	266	52	41	305	69	71	281	66
12	310	62	42	260	70	72	259	82
13	211	56	43	200	51	73	261	82
14	69	57	44	359	60	74	183	70
15	232	57	45	24	33	75	185	65
16	277	59	46	263	77	76	212	69
17	270	61	47	267	63	77	231	53
18	297	37	48	275	70	78	313	59
19	270	80	49	263	77	79	320	73
20	311	71	50	318	47	80	352	48
21	266	61	51	30	66	81	259	75
22	265	73	52	240	78	82	45	83
23	259	73	53	60	62	83	260	64
24	196	60	54	309	73	84	184	57
25	188	70	55	272	62	85	271	59
26	346	58	56	320	76	86	39	84
27	352	56	57	319	65	87	273	79
28	27	76	58	274	86	88	315	86
29	282	62	59	313	76	89	304	81
30	308	74	60	325	69	90	265	54



Gambar 2. Tampilan Arah Ketidakmenerusan Berdasarkan Software Dips 5.0

Sifat Fisik Batuan

Pengaruh sifat fisik batuan terhadap pengoperasian kegiatan pengeboran dan peledakan adalah:

Bentuk material lapisan tanah penutup di kuari batugamping berupa butiran halus dan seragam. Lapisan tanah penutup di area kuari batugamping terdiri dari material mudstone dan sandstone. Densitas untuk material memiliki dua macam, yaitu

density loose (material dalam keadaan terbongkar) dengan nilai 1,45 ton/m³ dan *density bank* (material dalam keadaan asli) dengan nilai 1,8 ton/m³. Besar nilai faktor pengembangan material (*Swell Factor*) dapat dicari dari data *density loose* dan *density bank* berdasarkan hasil pengamatan di lapangan. Maka, faktor pengembangan (*Swell Factor*) material yang ada sebesar 0,75. Lapisan tanah penutup memiliki dua tingkat lapisan material: material yang agak lengket (*mudstone*) dan material yang tidak lengket (*sandstones*) (Tabel 3). *Mudstone* dan *sandstone* merupakan bagian dari batuan lunak dengan tingkat kekerasan 2-3,5 skala mohs.

Tabel 3. Massa Batuan

DESKRIPSI MASSA BATUAN	LUNAK KERAS	KERAS
Rock mass description (RMD)	Blocky : 20	Massive : 50
Joint plane spacing (JPS)	Intermediate : 20	Wide : 50
Joint plane Orientation (JPO)	Strike normal to face : 30	Strike normal to face : 30
Specific gravity Influence (SGI)	-5	8
Hardness (HD)	2,75	3,5

DISKUSI

Geometri Peledakan yang saat ini diterapkan oleh perusahaan dalam melakukan operasi peledakan di Kuari, Tuban, adalah sebagai berikut:

Nilai Burden aktual adalah 2,75 meter. Namun nilai sebesar 2,75 meter dinilai masih terlalu besar karena masih mengakibatkan terbentuknya boulder. Permasalahan yang terjadi adalah ketika gelombang kejut yang berasal dari lubang ledak menuju free face akan menghasilkan gelombang pantul yang tidak cukup. Hal ini disebabkan oleh jarak menuju free face terlalu jauh dan menyebabkan terjadinya rekahan-rekahan pada free face. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis berdasarkan perhitungan burden ntuk meminimalisir terbentuknya boulder dalam kegiatan peledakan. Setelah dilakukan perhitungan burden berdasarkan (Ash, 1963) nilai burden yang diperoleh adalah 2,5 meter.

Perhitungan nilai burden tersebut adalah sebagai berikut:

Perhitungan Burden (B):

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \text{ ft}$$

$$B = \frac{26 \times 3,5}{12} \text{ ft} = 7,58 \text{ ft}$$

B = 7,58 ft = 2,32 m 2,5 Meter

Kb = burden ratio

De = diameter lubang bor, inci

Perbandingan antara panjang spasi dengan burden bergantung pada distribusi energi peledakan yang optimal, sehingga daerah-daerah yang berpotensi mengakibatkan bongkah batuan dapat dikurangi. Dalam hal ini, nilai burden dan pola peledakan akan menentukan panjang spasi. Nilai spasi aktual saat ini adalah 3,5 meter dan dinilai masih cukup besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengurangan terhadap jarak spasi dengan menggunakan spacing ratio (K_s) sebesar 1,15. Setelah dilakukan perhitungan spasi, nilai spasi yang diperoleh adalah 3 meter. Maka jarak spasi adalah, sebagai berikut:

$$S = K_s \times B$$

$$S = 1,15 \times 2,5$$

$$S = 2,875 \text{ 3 Meter}$$

Dasar penentuan nilai stemming ratio oleh (Ash, 1963) yaitu antara 0,5 – 1 meter, maka penerapan yang dilakukan saat ini adalah sebesar 0,75 meter. Dengan K_t sebesar 0,75 meter, stemming yang digunakan dalam operasi peledakan saat ini adalah 1,875 meter. Namun demikian, hasil peledakan sebelumnya menunjukkan ketidaksesuaian nilai stemming aktual sebesar 1,875 meter untuk kedalaman 6 m. Ketidakesuaian nilai tersebut mengakibatkan overhang atau adanya bagian atas jenjang yang menggantung. Di sisi lain, terdapat hasil peledakan dengan bongkah-bongkah batuan yang berukuran besar. Oleh karena itu, dibutuhkan penyesuaian kembali dalam penggunaan stemming ratio. Nilai stemming ratio diubah dari 0,75 meter menjadi 0,7, sehingga nilai stemming yang diperoleh adalah 1,75 meter.

Perhitungan Stemming

$$T = K_t \times B$$

$$T = 0,7 \times 2,5$$

$$T = 1,75 \text{ m}$$

Nilai sub drilling aktual dilapangan adalah 0,3 meter. Penggunaan nilai burden sebesar 2,5 Meter maka sub drilling ratio yang diperoleh adalah 0,12 meter. Nilai sub drilling ratio ini dinilai masih jauh lebih kecil dari ketentuan (Ash, 1963) yaitu minimal 0,2 meter. Pada penerapannya, penggunaan nilai sub drilling aktual tersebut mengakibatkan lantai yang dihasilkan dari hasil peledakan relatif tidak rata dan berpengaruh pada proses pemuatan, pengangkutan. Oleh karena itu perlu dilakukan perubahan terhadap nilai kedalaman sub drilling tersebut menjadi 0,5 meter.

Perhitungan *Subdrilling*:

$$J = K_j \times B$$

$$J = 0,2 \times 2,5$$

Nilai kedalaman lubang tembak sangat berpengaruh terhadap jumlah bahan peledak yang digunakan untuk setiap lubang tembak pada proses peledakan. Pencegahan overbreak pada proses peledakan dapat dilakukan dengan mengharuskan ukuran kedalaman lubang tembak lebih besar dari burden. Kedalaman lubang tembak memiliki besar rata-rata 6 hingga 6,3 meter. Kedalaman ini dapat diperoleh dengan penjumlahan tinggi jenjang dan subdrilling pada proses peledakan. Nilai Kedalaman lubang tembak juga diperoleh dari penjumlahan antara tinggi jenjang dengan subdrilling. Tinggi jenjang yang aktual dilapangan adalah 6 meter. Oleh karena itu, nilai kedalaman lubang tembak dirubah menjadi 6,5 meter dengan memperhitungkan jarak nilai subdrilling yang digunakan adalah 0,5 meter.

Perhitungan kedalaman lubang tembak:

$$H = L + J$$

$$= 6 + 0,5$$

$$= 6,5 \text{ Meter}$$

Nilai tinggi jenjang dilapangan adalah 6 meter. Penerapan nilai tinggi jenjang tersebut berdasarkan ketentuan nilai tinggi jenjang (Ash, 1963) serta disesuaikan dengan kemampuan peralatan bor dan alat muat yang tersedia. Panjang kolom isian yaitu panjang dari lubang bor yang diisi bahan peledak dan besarnya saat ini masih berbeda-beda sesuai jangkauan alat bor serta tinggi jenjang yang tidak rata. Akibatnya sering terjadi pemborosan penggunaan bahan peledak dari masing-masing kolom isian.

Perhitungan panjang kolom isian (PC):

$$PC = H - T$$

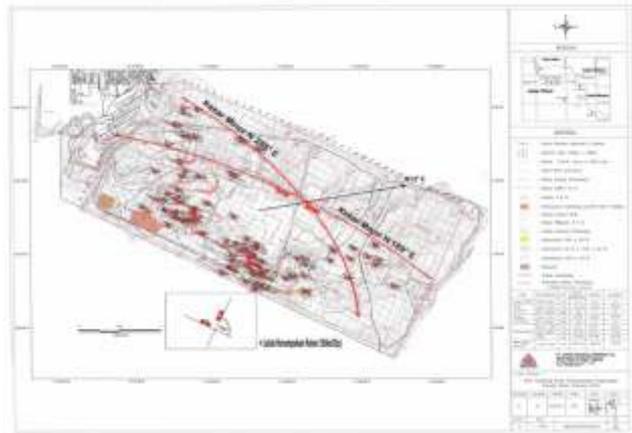
$$= 6,5 - 1,75$$

$$= 4,75 \text{ meter}$$

Penggunaan pola pemboran aktual yang diterapkan saat ini telah sesuai dengan rencana peledakan usulan (Ash, 1963) yaitu dengan menggunakan pola pemboran model zig-zag atau selang-seling. Adapun pola peledakan yang digunakan yaitu pola peledakan serentak tiap baris dengan teknik corner cut dan beruntun untuk baris berikutnya. Waktu tunda pada setiap lubang tembak perlu diperhatikan untuk mengantisipasi terjadinya interaksi antar posisi lubang tembak yang saling berdekatan. Sehingga lubang tembak tersebut memiliki waktu *delay* yang memadai untuk mengembang dan

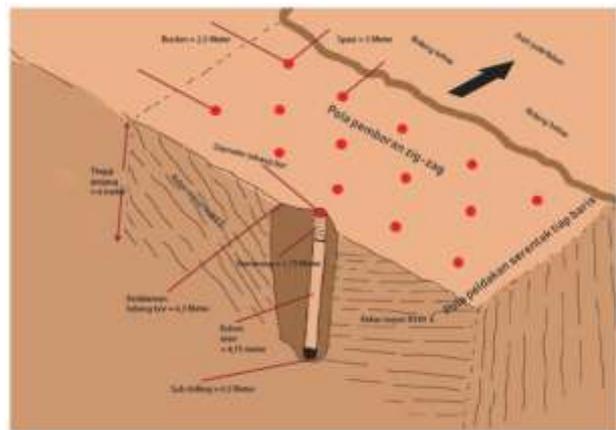
menghancurkan batuan yang ada di depannya. Satuan waktu tunda yang digunakan di lapangan adalah millisecond (ms), sedangkan nilai waktu tunda yang dimiliki pada masing-masing detonator memiliki perbedaan selang waktu rambatan selama 25 millisecond. Perhitungan Konya menilai waktu tunda aktual 25 ms terlalu pendek, sehingga dapat menyebabkan beban muatan dalam baris depan menghalangi pergeseran pada baris berikutnya ke arah vertikal. Di sisi lain, penerapan angka detonator dimulai dari angka 1 sampai dengan 10. Dalam penerapannya, delay detonator dengan angka yang sama dipasang dalam satu baris pada setiap lubang tembak. Sedangkan angka yang berbeda digunakan pada setiap baris yang berbeda. Maka ditetapkan tr sebesar 20 ms/m untuk mendapatkan hasil peledakan yang sesuai dengan teori yang digunakan sehingga waktu tunda yang diterapkan adalah 50 ms.

Bahan peledak yang digunakan dilokasi penambangan adalah ANFO (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*) dengan perbandingan *Amonium Nitrat* dengan *Fuel Oil* adalah 94,5% dengan 5,5% dan sebagai penguatnya digunakan power gel. Untuk proses pencampurannya dilakukan dengan menggunakan kendaraan ANFO *Mixer Aresco*. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang tembak aktual yaitu 23,8 kg. Jumlah tersebut dinilai tidak sesuai berdasarkan perhitungan kedalaman lubang tembak dan penyesuaian terhadap tinggi jenjang. Oleh karena itu jumlah penggunaan bahan peledak dirubah menjadi 26,8 Kg untuk setiap lubang tembak dan *powder factor* sebesar 0,30475 kg/ton. Dalam proses penyesuaian arah peledakan sesuai dengan keadaan kekar yang ada, maka perlu dilakukan upaya untuk memperbaiki fragmentasi batuan hasil peledakan. Kondisi aktual penerapan arah peledakan pada saat ini masih didasarkan pada bidang bebas, posisi jalan tambang dan posisi alat-alat mekanis yang berada di sekitar lokasi operasi peledakan tanpa memperhatikan struktur geologi yang terdapat disekitar lokasi penambangan. Oleh karena itu rencana penerapan arah peledakan diterapkan berdasarkan kondisi kekar yang berkembang disekitar lokasi penambangan guna mendapatkan fragmentasi hasil peledakan yang seragam. Pada penerapannya, data-data hasil pengukuran kekar diaplikasikan kedalam software Dips 5.0, serta memanfaatkan bidang bebas yang dibentuk dari perpotongan kedua kekar sebagai arah peledakan usulan (Ash, 1963) Sehingga arah peledakan usulan yang diperoleh yaitu mengarah ke titik N37°E (Gambar 3).



sumber: Anonim (2015)

Gambar 3. Arah Peledakan Usulan N037°E



Gambar 4. Pemodelan Peledakan

Berdasarkan hasil pengamatan aktual di lapangan dan hasil dari perhitungan distribusi fragmentasi, diperoleh perbandingan batuan hasil peledakan dengan ukuran yang diharapkan saat ini adalah sebesar 79,5%. Dapat disimpulkan sebanyak 20,5% batugamping perlu dilakukan pemecahan kembali (Gambar 4). Ukuran fragmentasi yang diharapkan disesuaikan dengan ukuran umpan alat peremuk batuan, yang mana ukuran umpan kurang atau sama dengan 80 cm. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan fragmentasi batuan dengan metode peledakan yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran batuan hasil peledakan dengan ukuran kurang dari 80 cm (Waloyo dan Assegaff, 2015). Untuk mendukung perbaikan fragmentasi hasil peledakan, maka geometri peledakan dan arah peledakan merupakan komponen penentu dalam upaya memperoleh keseragaman fragmentasi. Setelah dilakukan perbaikan distribusi fragmentasi dengan menggunakan persamaan KUZNETZOV (Adebola, dr., 2016), maka fragmentasi batuan hasil peledakan dengan ukuran lebih besar dari 80 cm menjadi 0,56%.

Perhitungan fragmentasi peledakan:

$$X = A \cdot (V/Q)^{0,8} \cdot Q^{0,167} \cdot (E/115)^{-0,63}$$

Geometri Peledakan Usulan:

- Kedalaman : 6,5 meter
- Burden : 2,5 meter
- Spasi : 3 meter
- Stemming : 1,75 meter
- Tinggi jenjang (H) : 6 meter
- Subdriling (J) : 0,5 meter
- Diameter lubang tembak (De) : 89 mm
- Panjang kolom isian (PC) : 4,75 meter
- Jumlah bahan peledak (Q) : 25,175 kg/lubang
- Volume batuan terbongkar per lubang (Vo) : 46,718 m³
- Powder faktor : 0,241 – 0,251 kg/ton
- Faktor batuan (A), batugamping lunak keras : 4,065
- Faktor batuan (A), batugamping keras : 8,49
- RWS TNT : 115
- RWS ANFO (E) : 100

Sehingga, fragmentasi batuan untuk batugamping keras adalah dengan factor batuan 8,49 adalah:

$$\begin{aligned} X &= 8,49 \left(\frac{46,718}{25,175} \right)^{0,8} \times (25,175)^{0,167} \times \left(\frac{100}{115} \right)^{-0,63} \\ &= 8,49 \times 1,639 \times 1,713 \times 1,092 \\ &= 26,029 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mengetahui distribusi ukuran fragmentasi yang dipergunakan adalah persamaan CUNNINGHAM yang digabungkan dengan persamaan KUZNETZOV (Cunningham, 1983) yaitu:

$$R = e^{-(x/X_c)^n}$$

R = perbandingan dari material yang tertinggal pada ayakan.

X = ukuran ayakan

$$X = x / (0,693)^{1/n}$$

n = indeks keseragaman

$$\begin{aligned} n &= \left(22 - 14 \frac{25}{89} \right) \times \left(1 - \frac{0}{25} \right) \times \left(1 + \frac{(287525 - 1)/2}{65} \right) \\ &= (1,807) \times (1) \times (1,075) \times (0,923) \\ &= 1,7929 \end{aligned}$$

Dimana:

d = diameter isian (mm)

B = burden (m)

W = standar deviasi pemboran (m)

S = spacing (m)

H = tinggi jenjang (m)

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{x}{(0,693)^{1/n}} \\ X_c &= \frac{26,029}{(0,693)^{1/1,7929}} = 31,937 \\ R &= e^{-\left(\frac{x}{X_c}\right)^n} \\ R &= e^{-\left(\frac{80}{31,937}\right)^{1,7929}} \\ &= 0,56 \% \text{ fragmentasi } \geq 80 \text{ cm} \\ &= 99,44 \% \text{ (Fragmentasi } \leq 80 \text{ cm)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas fragmentasi batuan untuk ukuran lebih dari 80 cm adalah 0,56 % (Gambar 5), sehingga dengan menggunakan geometri peledakan yang disarankan, diharapkan fragmentasi yang dihasilkan dapat merata dengan ukuran lebih kecil dari 80 cm (Gambar 6).

Hasil peledakan batugamping aktual dilapangan dalam sehari adalah $4 \times 15.095 \text{ ton} = 60.381 \text{ ton}$, dan dalam setahun sebanyak $252 \times 60.381 \text{ ton} = 15.216.000 \text{ ton}$. Dalam upaya peningkatan produksi perusahaan di tahun 2015, maka perlu dilakukan kajian pada geometri peledakan agar dicapai hasil yang optimal, sehingga target produksi perusahaan dapat terpenuhi serta fragmentasi yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Setelah penerapan geometri dan arah peledakan usulan, maka target produksi perusahaan mengalami peningkatan menjadi $4 \times 19.979 \text{ ton} = 79.916 \text{ ton}$ dalam sehari, atau $252 \times 79.916 \text{ ton} = 20.138.946 \text{ ton}$ dalam setahun.



Gambar 5. Fragmentasi hasil peledakan perusahaan



Gambar 6. Fragmentasi hasil peledakan usulan

KESIMPULAN

Penggunaan nilai geometri peledakan aktual di lapangan adalah burden 2,75 meter, spasi 3,5 meter, stemming 1,875 meter, subdrilling 0,3 meter, kedalaman lubang tembak 6,3 meter dan arah peledakan masih memanfaatkan bidang bebas yang terdapat di lokasi penambangan. Nilai geometri peledakan tersebut secara penerapannya dikatakan terlalu besar, karna fragmentasi hasil peledakan yang diperoleh masih tidak sesuai dengan target perusahaan

serta dapat menghambat kegiatan operasi penambangan selanjutnya. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan nilai geometri peledakan sesuai dengan rumus perhitungan geometri peledakan untuk memperbaiki fragmentasi hasil peledakan sesuai dengan yang di targetkan perusahaan. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan rumus geometri peledakan maka nilai geometri peledakan usulan adalah burden 2,5 meter, spasi 3 meter, stemming 1,75 meter, subdrilling 0,5 meter, kedalaman lubang tembak 6,5 meter dan arah peledakan yang diterapkan adalah mengarah ke titik N 37°E. Standar ukuran fragmentasi optimal perusahaan adalah 80 cm. Berdasarkan perhitungan distribusi fragmentasi batuan hasil fragmentasi berukuran lebih dari 80 cm adalah 0,56 % dari total fragmen hasil peledakan. Penerapan geometri peledakan usulan, fragmentasi dengan ukuran 80 cm yang dihasilkan dapat merata sebesar 99,44% dari total fragmentasi hasil peledakan. Setelah diperoleh perhitungan dan rancangan geometri peledakan berdasarkan kondisi struktur geologi dilapangan, maka produksi batugamping yang diperoleh dalam satu tahun adalah 20.466.432 ton.

ACUAN

- Adebola, J.M., Ajayi, O.D., dan Elijah, P., 2016, Rock Fragmentation Prediction Using Kuz-Ram Model, *journal of environment and earth science*, Vol. 6, No. 5, hal 110-115
- Anonim, 2015, Laporan dan Arsip Perusahaan PT. United Tractors Semen Gresik
- Ash, R.L., 1963, *The Mechanics of Rock Breakage*, Part I, II, III, and IV. Pit and Quarry, v.56, No. 2, August 1963, pp. 98-112; No. 3, September 1963, pp. 118-123; No. 4, October 1963, pp. 126-131; No. 5, November 1963, oo. 109-111, 114-118
- 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.
- Ghadafi, M.A., Komar, S., dan Sudarmono, D., 2014, Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis Blastability dan Digging Rate Alat Gali Muat, *Jurnal Ilmu Teknik*, Vol. 2, No. 3, Oktober 2014
- Herman, Widodo, S., Nurwaskito, A., 2015, Analisis Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak, Burden dan Spacing Terhadap Perolehan Fragmentasi Batugamping, *Jurnal Geomine*, Vol. 03, No. 1, Desember 2015, hal. 184-188
- Koesnaryo S., 2001, Rancangan Peledakan Batuan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Safarudin, Purwanto, dan Djamaluddin, 2016, Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting, *Jurnal JPE (Jurnal Penelitian Enjiniring)*, Vol. 20, No. 2, November 2016, hal. 54-62
- Susanti, R., dan Cahyadi, T.A., 2011, Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan FTM 2011 UPN*, pp. 2.69- 2.76 ISSN 978-602-19765-0-0
- Waloeyo, D.P., dan Assegaff, F.R., 2015, Aplikasi Struktur Geologi Untuk Optimalisasi Blasted Materials di Kuari Batugamping PT. UTSG. Laporan Akhir Penelitian Mandiri, Institut Teknologi Adhitama Surabaya, 42 hal. Diakses di <https://www.scribd.com/document369633805/>