

**EVALUASI POLA PELEDAKAN DITINJAU DARI PADA KARAKTERISTIK
MASSA BATUAN WILAYAH IUP PT RPP CONTRACTOR INDONESIA JOB SITE
JEMBAYAN DESA BUANA JAYA TENGGARONG SEBERANG
KALIMANTAN TIMUR**

*EVALUATION OF EXPLOSION PATTERNS REVIEWED FROM THE MASS CHARACTERISTICS
OF ROCK AREA IN PT RPP CONTRACTOR INDONESIA JOB SITE
JEMBAYAN VILLAGE BUANA JAYA TENGGARONG SEBERANG
EAST KALIMANTAN*

Woro Sundari

Prodi Teknik Pertambangan, FST UNDANA

E-mail: worosundari@gmail.com

Abstract

RPP Contractor Indonesia (RCI) n jobsite Jembayan is one of the trusted contractor of JMB (as an owner) in handling overburden and interburden. Overburden activity is done in two ways, drilling and exploding. From the blasting observation in several location, it has been found that the exploding pattern 7x8 (burden x space), the boot system which is used is row by row. Overburden activity is done in two ways, drilling and exploding. From the blasting observation in several location, it has been found that the exploding pattern 7x8 (burden x space), the boot system which is used is row by row, the materials still in form boulder-boulder and even several hole which are found still in whole condition or not exploding so the rocks volume which produce very limited. In observation result also found there is dissipation in detonation usage. from the data the used of detonation usage in one hole can be counted and how much the powder factor which us3ed in exploding process and from the result we can conclude the exploding the evaluation of exploding pattern based on the characteristics of rocks mass in iup area. From the observation result in research location and base on the calculating result, it found that the 7x8 exploding pattern (burdenx space) and the detonation material DANFO are not suitable to the area which has mudstone dark grey type because the volume which got from the explotion very limited and the exploding material is quite bvig. Therefore, rocks in mudstone dark grey type, it is more suitable used detonation material which has exploding power upper than 4000m/s and the pattern should be change. For example 8x12 (burden x space) with detonation material DABEX 64 or 7 x 10 (burden x space) with detonation materiala ANFO made of ORICA.

Abstrak

PT RPP Contractor Indonesia (RCI) jobsite jembayan adalah salah satu contractor yang mendapat kepercayaan dari JMB (sebagai oner) dalam menangani pembongkaran dan pemindahan tanah penutup (overburden/interburden). Kegiatan pengupasan tanah penutup atau overburden yang dilakukan dengan cara pemboran dan peledakan. Dari pengamatan blasting, ditemukan pola peledakan 7 x 8 (burden x spaci), sistem penyalan row by row, material masih dalam bentuk boulder-boulder dan bahkan ada beberapa lubang yang ditemukan dalam kondisi masih utuh atau tidak ledak sehingga volume batuan yang dihasilkan sangat kecil. Dalam hasil pengamatan juga ditemukan terjadinya pemborosan dalam pemakaian bahan peledak. Dari data ini dapat dihitung pemakaian bahan peledak dalam satu lubang tembak seerta berapa powder faktor yang digunakan pada saat peledakan tersebut dan dari hasil tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan mengenai evaluasi pola peledakan ditinjau dari pada karakteristik massa batuan pada lokasi tersebut. Dari hasil pengamatan di lokasi penelitian dan berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa pola 7 x 8 (burden x spaci) dan bahan peledak DANFO, yang digunakan ternyata tidak cocok untuk daerah yang tipe batumannya mudstone dark grey karena volume yang didapat sangat kecil dan pemakaian bahan peledak sangat besar. Oleh karena itu, batuan yang bertipe mudstone dark grey, lebih cocok diterapkan bahan peledak yang mempunyai daya ledaknya diatas 4000 m/s dan polanya (burden x spaci) harus diganti. Misalnya pola 8 x 12 (burden x spaci) dengan bahan peledaknya DABEX 64 atau pola 7 x 10 (burden x spaci) bahan peledaknya ANFO buatan ORICA.

Kata Kunci: Blasting, Bahan Peledak

PENDAHULUAN

Kegiatan pengupasan tanah penutup atau *overburden* yang dilakukan dengan cara pemboran dan peledakan. Untuk suatu geometri dan pola penyalaan yang benar, sesuai dengan kondisi riil di lapangan sehingga tidak ditemukan bahan peledak. Tetapi, berdasarkan hasil pengamatan *blasting* pada beberapa lokasi, ditemukan bahwa sistem penyalaan yang digunakan adalah *row by row*, material masih dalam bentuk *boulder-boulder* dan bahkan ada beberapa lubang yang ditemukan dalam kondisi masih utuh atau tidak ledak sehingga volume batuan yang dihasilkan sangat kecil. Dalam hasil pengamatan juga ditemukan terjadinya pemborosan dalam pemakaian bahan peledak.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

- Mengetahui pola peledakan yang sesuai dengan kondisi massa batuan.
- Melakukan kajian terhadap geometri dan pola peledakan yang diterapkan berdasarkan pemilihan bahan peledak.
- Memberikan Rekomendasi untuk evaluasi peledakan lebih lanjut.

MATERI DAN METODE

Materi

Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

Salah satu metode pemberaian/pembongkaran pada batuan adalah metode peledakan. Metode peledakan bertujuan untuk menghancurkan, melepas ataupun membongkar suatu bahan galian dari batuan induknya.

Pada pemberaian batuan dengan metode peledakan, ukuran fragmen batuan hasil peledakan merupakan suatu faktor yang sangat penting, dimana ukuran fragmen batuan diharapkan sesuai dengan kebutuhan pada kegiatan penambangan selanjutnya.

Konsep mekanisme pecahnya batuan yang dipakai adalah konsep pemecahan dan reaksi-reaksi mekanik dalam batuan *homogen*. Sifat mekanis dalam batuan yang homogen akan berbeda dari batuan yang mempunyai rekahan-rekahan dan *heterogen* seperti yang dijumpai dalam pekerjaan peledakan.

Proses pecahnya batuan akibat dari peledakan dibagi dalam tiga tingkatan yaitu *dynamic loading*, *quasi-static loading*, dan *release of loading*. (lihat Gambar 1.)

1) Proses pemecahan tingkat I (*dynamic loading*)

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi menghancurkan batuan di daerah sekitar lubang ledak. Gelombang kejut yang meninggalkan lubang ledak merambat dengan kecepatan 3000–5000 m/det, akan mengakibatkan tegangan tangensial yang menimbulkan rekahan yang menjalar dari daerah lubang ledak. Rekah pertama menjalar terjadi dalam waktu 1 – 2 m/s.

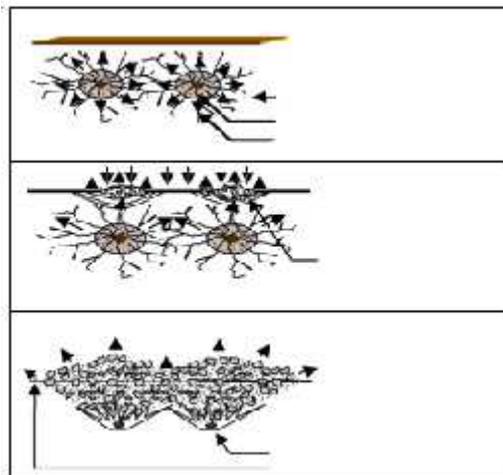
2) Proses Pemecahan Tingkat II (*quasi-static loading*)

Tekanan sehubungan dengan gelombang kejut yang meningkatkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat I adalah positif. Apabila mencapai bidang bebas akan dipantulkan, tekanan akan turun dengan cepat, kemudian berubah menjadi negatif dan timbul gelombang tarik. Gelombang tarik ini merambat kembali di dalam batuan. Oleh karena batuan lebih kecil ketahanannya terhadap tarikan daripada tekanan, maka akan terjadi rekahan-rekahan primer disebabkan karena tegangan tarik dari gelombang yang dipantulkan. Apabila tegangan regang cukup kuat akan menyebabkan *slamming* atau *spalling* pada bidang bebas. Dalam proses pemecahan tingkat I dan tingkat II fungsi dari gelombang kejut adalah menyiapkan batuan dengan sejumlah rekahan – rekahan kecil. Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya antara 5 – 15 % dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut menyediakan kesiapan dasar untuk proses pemecahan tingkat akhir.

3) Proses Pemecahan Tingkat III (*release of loading*)

Di bawah pengaruh tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan maka rekahan *radial primer* (tingkat II) akan diperlebar secara cepat oleh kombinasi efek dari tegangan tarik disebabkan kompresi radial dan pembajian (*pneumatic wedging*). Apabila massa batuan di depan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak ke depan maka tegangan tekan tinggi yang berada dalam batuan akan dilepaskan. Efek dari terlepasnya batuan adalah

menyebabkan tegangan tarik tinggi dalam massa batuan yang akan melanjutkan pemecahan hasil yang telah terjadi pada proses pemecahan tingkat II. Rekahan hasil dalam pemecahan tingkat II menyebabkan bidang – bidang lemah untuk memulai reaksi – reaksi fragmentasi utama pada proses peledakan.



Keterangan:
 Proses pemecahan tingkat I
 Proses pemecahan tingkat II
 Proses pemecahan tingkat III

Gambar 1. Mekanisme Pecahnya Batuan

Faktor yang Menentukan Proses Pemecahan Batuan

Kekerasan

Kekerasan adalah tahanan dari suatu bidangpermukaan terhadap abrasi. Kekerasan dipakai untuk mengukur sifat-sifat teknis dari batuan dan dapat juga dipakai untuk menyatakan berapa besarnya tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan. Kekerasan batuan merupakan fungsi dari komposisi butiran mineral, porositas dan derajat kejenuhan. Kekerasan batuan diklasifikasikan dengan skala Frederich Van Mohs (1882) (lihat Tabel 1.) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Skala Mohs

Nama Mineral	Skala Mohs
Talc	1
Gypsum	2
Calcite	3
Fluorite	4
Apatite	5
Feldspar	6
Quartz	7
Topaz	8
Korundum	9
Diamond	10

Kekuatan

Merupakan sifat mekanik batuan yang sangat berpengaruh terhadap proses pemecahan batuan. Kekuatan mekanik suatu batuan adalah suatu sifat dari kekuatan terhadap gaya luar, baik kekuatan statik maupun dinamik. Pada prinsipnya kekuatan batuan tergantung pada komposisi mineralnya. Di antara mineral-mineral yang terkandung di dalam batuan, kuarsa adalah mineral yang terkompak dengan kuat tekan mencapai lebih 500 MPa, sehingga semakin tinggi kandungan kuarsa maka batuan tersebut juga semakin tinggi kekuatannya.

Karakteristik Massa Batuan

➤ **Bobot Isi Batuan (Total Unit Weight)**

Dalam kegiatan pemoran dan peledakan, karakteristik massa batuan yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan fragmentasi batuan yaitu kekerasan batuan, elastisitas batuan, *abrasivitas* batuan, dan kecepatan perambatan gelombang pada batuan, serta kuat tekan dan kuat tarik batuan yang akan diledakkan.

Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut untuk dihancurkan (lihat Tabel 1), demikian juga dengan batuan yang memiliki kerapatan tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin berat massa suatu batuan, maka bahan peledak yang dibutuhkan untuk membongkar atau menghancurkan batuan tersebut akan lebih banyak.

Tabel 2. Hubungan antara kekerasan batuan dengan kuat Tekan Uniaksial

Klasifikasi	Kekerasan	Kuat Tekan
	(Skala Moh's)	Uniaksial (Mpa)
Sangat Keras	> 7	> 200
Keras	6 - 7	120 - 200
Agak Keras	4,5 - 6	60 - 120
Agak Lunak	3 - 4,5	30 - 60
Lunak	2 - 3	10 - 30
sangat Lunak	1 - 2	< 10

➤ **Konsistensi Material**

Batas cair merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah. Batas kadar ier yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal

sebagai batas-batas *atterberg*. Ada beberapa poin yang masuk dalam uji batas-batas *atterberg* yaitu pengujian batas cair, pengujian batas plastis dan pengujian indeks plastisitas.

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Adalah kadar air dimana untuk nilai-nilai di atasnya tanah akan bersifat sebagai cairan kental (campuran tanah-air tanpa kuat geser yang dapat diukur) dan dinyatakan dalam persen (%).

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Kadar air dimana untuk nilai-nilai di bawahnya tanah tidak lagi bersifat sebagai bahan plastis, *Plastic limit* dinyatakan juga dalam persen (%).

c. Indeks Plasitas (*Plasticity Indeks*)

Merupakan rentang kadar air dimana tanah berada dalam kondisi plastis, antara batas plastis dan batas cair (titik Q) dan tanah berada cair, antara batas agak padat-plastis (titik R), yang disebut dengan indeks plastisitas (*plasticity index*), *PI*, dirumuskan:

$$PI = LL - PL$$

Keterangan:

PI = *Plasticity Indeks*

LL = *Liquid Limit*

PL = *Plastic Limit*

Geometri Peledakan Menurut Richard L. Ash

R. L. Ash (1967) membuat suatu pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman *empiris* yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda. Sehingga R. L. Ash berhasil mengajukan rumusan-rumusan *empiris*.

➤ **Burden (B)**

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan.

$$B = \frac{K \times D}{1}$$

Keterangan:

De = diameter lubang tembak

B = *burden*

Kb = *burden ratio*

Keterangan:

Bobot isi batuan standar (Dst) = 160 lb/cuft

Bahan peledak:

SG std = 1,2

Vestd (VODstd) = 12000 fps

Kbstandard = 30

Maka:

Untuk menghitung *stemming* dipakai persamaan:

$$T = Kt \times B$$

Keterangan:

T = *Stemming* (m)

Kt = *Stemming Ratio* (0,7 – 1,0m)

Burden = *Burden* (m)

➤ **Kedalaman Lubang Ledak (H)**

Kedalaman lubang ledak merupakan penjumlahan dari panjang *stemming* dengan panjang kolom isian (PC) bahan peledak.

Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Menurut R. L. Ash, kedalaman lubang ledak berdasarkan pada *hole depth ratio* (Kh) yang harganya berkisar antara 1,5 – 4,0. Rumus yang digunakan untuk menghitung kedalaman lubang ledak dengan burden adalah sebagai berikut:

$$H = Kh \times B$$

Keterangan:

H = Kedalaman Lubang ledak (m)

Kh = *Hole dept ratio* (1,5 - 4)

B = *Burden* (m)

$$Kb \text{ koreksi} = 30 \times Af1 \times Af2$$

Keterangan:

Af1 = *Adjustment factor* untuk batuan yang diledakkan

Af2 = *Adjustment factor* untuk handak yang dipakai

Dimana:

$$A_1 = \left(\frac{E}{D}\right)^{1/3}$$

$$A_2 = \left(\frac{S \times V e^2}{S \times S \times V \times S \times D}\right)^{1/3}$$

SG = BJ bahan peledak yang dipakai

Ve = VOD bahan peledak yang dipakai

Jadi:

$$B = \left(\frac{K \times D}{39,3}\right)$$

➤ **Panjang Kolom Pengisian (PC)**

Panjang *kolom* isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang *stemming*.

Dengan persamaan:

$$PC = H - T$$

Keterangan:

PC = Panjang Kolom Isian (m)

H = Kedalaman Lubang Ledak (m)

T = *Stemming* (m)

➤ **Spacing (S)**

Spacing adalah jarak antar lubang tembak dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap bidang bebas.

$$S = K_s \times B$$

Keterangan:

S = *Spacing* (m)

Ks = *Spacing ratio* (1,0 – 2,0)

➤ **Stemming (T)**

Stemming merupakan panjang isian lubang ledak yang tidak diisi bahan peledak, tetapi diisi material seperti tanah liat atau material hasil pemboran (*cutting*).

$$T = K_t \times B$$

Keterangan:

T = *Stemming* (m)

Kt = *Stemming Raitio* (0,7 – 1 m)

B = *Burden* (m)

Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang- lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya. Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut (lihat Gambar 3.):

- a. *Box Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan
- b. *Corner cut (echelon cut)*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuanya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.
- c. “V” *cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuanya kedepan dan membentuk huruf V.

Berdasarkan urutan waktu peledakan, maka pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Pola peledakan serentak, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lubang tembak.
- b. Pola peledakan beruntun, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris yang satu dengan baris lainnya.

Bahan Peledak

Bahan peledak (*handak*) adalah suatu bahan kimia yang berupa senyawa tunggal atau campurannya yang berbentuk padat atau cair, yang apabila dikenai suatu aksi panas, benturan, gesekan atau ledakan awal, akan berubah menjadi bahan-bahan yang lebih stabil yang sebagian atau seluruhnya berbentuk gas dan disertai dengan panas dan tekanan yang sangat tinggi.

Menurut R. L. Ash, bahan peledak kimia dibagi menjadi:

- a. Bahan peledak kuat (*high explosive*), yang memiliki sifat *detonation* dengan kecepatan detonasi 5.000 – 24.000 ms.
- b. Bahan peledak lemah (*Low Explosive*), yang memiliki sifat *deflagration* dengan kecepatan reaksi < 5.000 ms.

➤ **Amonium Nitrat Fuel Oil (ANFO)**

ANFO (*ammonium nitrate fuel oil*) merupakan campuran antara ammonium nitrate dengan *feul oil*. Campuran ANFO yang baik adalah 94.5% AN dan 5.5% FO (solar). Kelebihan dan kekurangan solar akan mengakibatkan berkurangnya energy dan terjadi gas beracun. ANFO juga

mempunyai kecepatan meledaknya sekitar 2500 m/s sampai 4500 m/s.

➤ **Powder Factor**

Powder factor (PF) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan volume peledakan, jadi satuannya kg/m³. Karena volume peledakan dapat pula dikonversi dengan berat, maka pernyataan PF bisa pula menjadi jumlah bahan peledak yang digunakan dibagi berat peledakan atau kg/ton.

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan. *Powder factor* merupakan suatu bilangan untuk menyatakan berat bahan peledak yang dibutuhkan untuk menghancurkan batuan (kg/m³).

Dalam menentukan *powder factor* ada empat macam satuan yang dapat digunakan yaitu:

- a. Berat bahan peledak per volume batuan yang diledakkan (kg/m³).
- b. Berat bahan peledak per berat batuan yang diledakkan (kg/ton).
- c. Volume batuan yang diledakkan per berat bahan peledak (m³/kg).
- d. Berat batuan yang diledakkan per berat bahan peledak (ton/kg).

Bila pengisian bahan peledak terlalu banyak maka akan mengakibatkan jarak *stemming* akan kecil sehingga mengakibatkan terjadinya batu terbang (*flyrock*) dan ledakan tekanan udara (*airblast*). Sedangkan bila pengisian terlalu sedikit maka jarak *stemming* akan besar sehingga menimbulkan bongkah dan *backbreak* disekitar dinding jenjang.

Untuk menghitung *Powder Faktor* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W = \frac{W}{B \times S \times H}$$

- Dimana:
- PF = *Powder Faktor*
 - Whandak = Berat Bahan Peledak (kg)
 - B = *Burden* (m)
 - S = *Spacing* (m)
 - H = Kedalaman Lubang Tembak (m)

➤ **Anzomex Booster**

Dibuat dari PETN (*Penta Era-Thritol Tetra Nitrate*) & TNT (*Tri Nitro Toluena*) dan merupakan alat bantu untuk memperkuat inisiasi ledakan suatu handak yang diinisiasi dengan detonator. Biasanya merupakan handak komposit dalam kemasan (*cartridged*).

➤ **Detonator**

Disebut juga *detonating fuse* yang merupakan alat bantu untuk inisiasi rangkaian ledakan suatu handak. Detonator berupa kabel plastik dengan rajutan serat rami (*jute*) pada lapisan gram/meter pada bagian tengahnya. Detonator mempunyai VOD = 7000 m/s dan dapat dibentuk dengan fleksibel tetapi masih dapat meledak dengan sempurna.

Perhitungan Jumlah Bahan Peledak

Densitas pengisian (*loading density*), yaitu digunakan untuk menghitung jumlah bahan peledak yang diperlukan setiap kali peledakan. Disamping itu, perhatikan pula kolom lobang ledak (L), yang terbagi menjadi “penyumbat” atau *stemming* (T) dan “isian utama” (PC). Bahan peledak hanya terdapat sepanjang kolom PC, sehingga keperluan bahan peledak setiap kolom adalah perkalian PC dengan densitas pengisian (de) atau:

$$W_{handak} = PC \times de$$

$$W_{total\ handak} = n \times PC \times de$$

Keterangan:

- n = Jumlah seluruh lubang ledak
- PC = Panjang Kolom Isian (m)
- de = *Loading Density* kg/m

Perhitungan Volume Batuan yang akan diledakkan

Pada tambang terbuka atau *quarry*, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang (*bench blasting*), volume batuan yang akan diledakkan tergantung pada dimensi *spaci*, *burden*, tinggi jenjang, dan jumlah lubang ledak yang tersedia.

Volume Peledakan Perlubang (m³) = (B x S x H)

$$\text{Total Volume Peledakan (m}^3\text{)} = B \times S \times H \times n$$

Keterangan:

- B = Burden (m)
- S = Spasi (m)
- H = Kedalaman Lubang Ledak (m)
- n = Jumlah Lubang ledak

Metode

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan pengumpulan sumber informasi yang berasal dari referensi maupun data perusahaan yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Studi literatur ini dilakukan sebelum dan selama penelitian ini berlangsung.

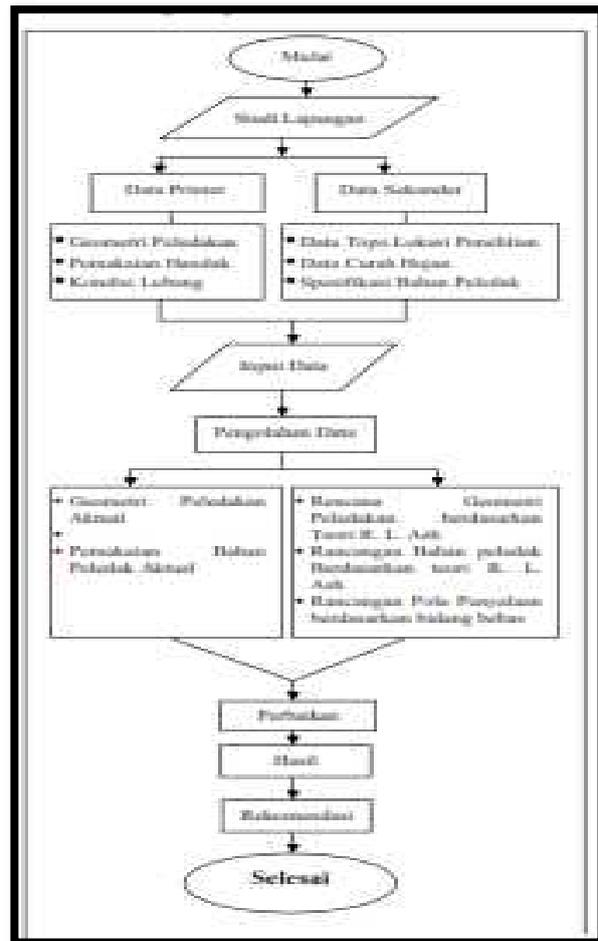
2. Pengamatan Lapangan

Pengamatan ini dilakukan untuk mencari data yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas, antara lain:

- Survey terhadap daerah penelitian dengan melakukan pengamatan langsung di daerah penambangan dan menentukan daerah lokasi pengambilan data.
- Pengamatan dan pencatatan secara langsung di lapangan terhadap geometri peledakan beserta faktor yang berpengaruh.

3. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data geometri peledakan dan pemakaian bahan peledak untuk selanjutnya agar mendapatkan atau mengetahui apakah geometrid dan bahan peledak tersebut cocok digunakan pada lokasi tersebut atau tidak? serta seberapa banyak volume yang dihasilkan dari penggunaan geometri dan bahan peledak tersebut. Berdasarkan hasil analisa, kemudian ditarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan selanjutnya memberikan rekomendasi yang mendasar kepada perusahaan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Massa Batuan di Lokasi Penelitian

a. Bobot Isi Batuan (*Total Unit Weight*)

Lapisan batuan penutup yang terdapat di lokasi penelitian terdiri dari lapisan mudstone dark grey dan sandstone. Bobot isian batuan diperoleh dari data test laboratorium PT JMB daerah tempat pelaksanaan aktivitas blasting memiliki jenis lapisan batuan penutup tipe mudstone dengan bobot batuan sebesar 2,41 t/m³.

b. Konsistensi Material

Batas cair merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah. Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal sebagai batas-batas *atterberg*. Ada beberapa poin yang masuk dalam uji batas-batas *atterberg* yaitu pengujian batas cair,

pengujian batas plastis dan pengujian indeks plastisitas.

➤ **Batas Cair (Liquid Limit)**

Pada hasil uji test Atterberg limit di laboratorium PT JMB, ditemukan nilai batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah atau batas liquid limit (LL) pada lokasi penelitian mencapai 61 %.

➤ **Batas Plastis (Plastic Limit)**

Dari hasil uji test Atterberg pada laboratorium PT JMB, ditemukan nilai batas plastis pada lokasi penelitian yaitu 22 %.

➤ **Indeks Plasitas (Plasticity Indeks)**

Dari hasil pengujian atterberg juga didapatkan nilai indeks plastisitas pada lokasi penelitian mencapai 39 %.

c. Kuat Tekan Uniaksial (UCS) dan Kekerasan Batuan (Moh's hardness)

Test kuat tekan uniaksial batuan dilokasi penelitian diperoleh dari hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Departemen Geoteknik PT Jembayan Muarabara. Dari test tersebut menghasilkan nilai untuk batuan *mudstone* bervariasi dari 0,032 MPa sampai dengan 1,257 MPa pada kedalaman 0 – 9 meter.

Bila dibandingkan klasifikasi batuan yang dikeluarkan (Bieniawski, ZT, 1973), bisa dijelaskan bahwa batuan type *mudstone dark grey* termasuk dalam kategori sangat lunak. Ini terbukti dari karakteristik batuan dari *mudstone dark grey* adalah 2.41 t/m³. dan menurut (Bieniawski, ZT, 1973), karakteristik batuan di bawah 25 MPa tergolong sangat lunak.

Tabel 3. Karakteristik Batuan (Bieniawski, ZT, 1973)

Klasifikasi	Kuat Tekan Uniaksial (Mpa)
Sangat Kuat	250 - 700
Kuat	100 - 250
Kuat - Sedang	50 - 100
Lemah	25 - 50
Sangat Lemah	0 - 25

Kekerasan batuan pada lokasi penelitian diperoleh dari data uji UCS batuan dengan menggunakan klasifikasi Protodyakonov, Tamrock (1989) seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel.4. Hubungan antara UCS dengan Kekerasan Batuan (Protodyakonov, 1988)

Kekerasan	Moh's	MPa
Very Strong	>7	>200
Strong	6 - 7	120 - 200
Moderatly Strong	4,5 - 6	60 - 120
Moderatly Weak	3 - 4,5	30 - 60
Weak	2 - 3	10 - 30
Very Weak	1 - 2	<10

Dari tabel di atas dan dengan menggunakan hubungan antara kekerasan dan UCS batuan seperti pada persamaan di bawah ini:

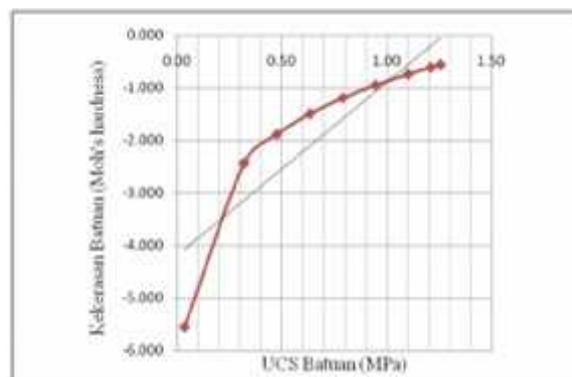
$$Y = 1,36 \ln x - 0.87$$

Dimana:

Y = Kekerasan Batuan

X = UCS batuan

Dari persamaan di atas maka dapat diperoleh grafik hubungan antara kekerasan batuan dan UCS batuan (Gambar 3.)



Gambar 3. Grafik UCS vs Moh's hardness

Pengamatan Geometri Peledakan di Lokasi Penelitian

➤ **Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian bertempat di pit 19 atau sering disebut pit 201 RCI. Pada

lokasi penelitian ini terdapat beberapa aktivitas penambangan yaitu pengupasan tanah penutup yang meliputi pemboran dan peledakan, Pemindahan material hasil *blasting*, dan pengangkutan batubara.

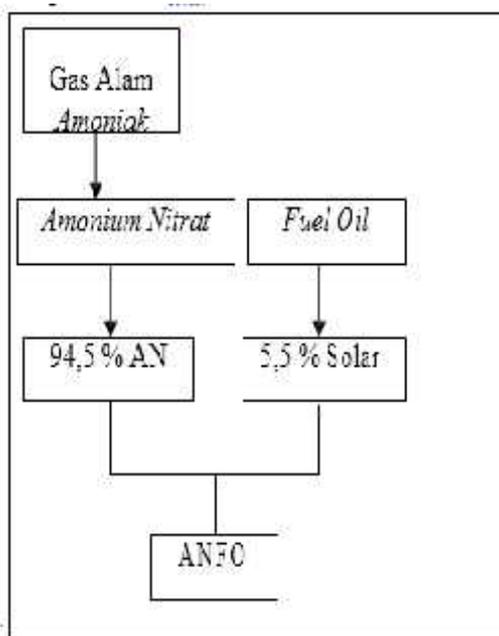
➤ **Geometri Peledakan**

Tabel 5. Data geometri peledakan Pada saat Penelitian

No	Geometri Peledakan	Panjang	Satuan
1	Burden	7	m
2	Spaci	8	m
3	Stemming	0,7 - 4,1	m
4	Subdrilling	0	
5	Panjang Kolom Pengisian	0,8 - 0,9	m
6	Kedalaman Lubang Ledak	1,5 - 9	m
7	Jumlah Lubang	123	

➤ **Bahan Peledak**

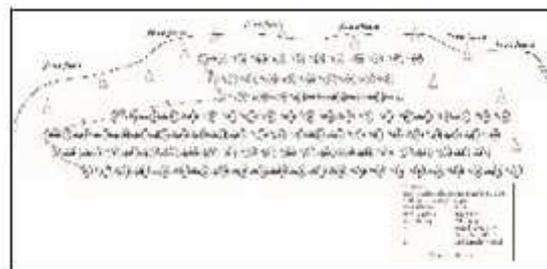
Jenis bahan peledak yang digunakan PT RPP Contractor Indonesia yaitu DANFO (*Dahana Ammonium Nitrat and Fuel Oil*) dengan perbandingan seperti pada bagan di bawah ini:



Gambar 4. Bagan Komposisi Bahan Peledak ANFO

➤ **Arah Runtuhan Material**

Pemilihan arah runtuhan material hasil *blasting* sangat penting karena berpengaruh terhadap kegiatan pengangkutan material *overburden* hasil *blasting* nantinya. Pada lokasi penelitian, pemilihan arah runtuhan material yang dilakukan di PT. RPP posisi bidang bebas (*free face*), ada tidaknya kegiatan pemuatan *overburden* dan batubara disekitar lokasi peledakan dan juga metode pemuatan material hasil peledakan. Untuk lebih jelas, dapat melihat pada gambar 5.



Gambar 5. Arah Runtuhan Material

➤ **Powder Factor**

Merupakan banyaknya bahan peledak yang diisikan kedalam lubang tembak untuk menghancurkan sejumlah volume batuan tertentu. Semakin banyak bahan peledak yang digunakan maka semakin kecil volume yang dihasilkan. Oleh karena itu, dengan mengetahui *powder factor*, maka dapat diketahui seberapa besar jumlah pemakaian bahan peledak per satuan volume material yang dihancurkan. Berdasarkan hasil kegiatan di lapangan, khususnya pada pit 201 dari tanggal 15 mei sampai dengan 17 Juni, nilai *powder factor* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Penggunaan Powder Factor

Tgl/Bulan	Bahan Peledak	Jumlah (Lubang)	Toni (kg)	Volume (m ³)	PF (kg/m ³)
15 Mei 2012	Danfo	34	5187,24	27179	0,22
16 Mei 2012	Danfo	68	6584,364	30139,2	0,22
28 Mei 2012	Danfo	7	4637,53	24251,6	0,19
29 Mei 2012	Danfo	38	5631,304	26108,6	0,22
31 Mei 2012	Danfo	68	6614,304	28192,4	0,23
14 Juni 2012	Danfo	123	9578,24	44084,0	0,22
17 Juni 2012	Danfo	34	2641,344	1376	0,21

➤ **Penerapan Pola Peledakan Aktual**

Hasil perhitungan terhadap pemakaian bahan peledak untuk jumlah lubang sebanyak 123 lubang dengan variasi kedalaman 1,5-9 dan pola peledakan 7 x 8 (*burden x spaci*), dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 7. Perhitungan Aktual Pola Peledakan

Burden	Spasi	Variasi Kedalaman	Jumlah Lubang	Total Berat	Volume	Densitas	FF	Bahan Peledak
(m)	(m)	(m)		(kg)	(m ³)	(t/m ³)		
7	8	1,5-9	123	4287	4428,81	785	0,26	DANFO

➤ **Penerapan Pola Peledakan Berdasarkan R. L. Ash**

Penerapan pola peledakan berdasarkan perhitungan yang menggunakan metode pendekatan *empiris* (R. L. Ash), didapat sebagai berikut:

Tabel 8. Penerapan Pola Peledakan Berdasarkan Teori R. L. Ash

Burden	Spasi	Kedalaman	Jumlah Lubang	Total Berat	Volume	Densitas	FF	Bahan Peledak
(m)	(m)	(m)		(kg)	(m ³)	(t/m ³)		
5	8	1,5-9	123	4287	31925,0	785	0,36	DANFO

Dari hasil perhitungan tabel di atas, dapat dilihat bahwa pola *burden* awalnya (*actual*) 7 m (tabel 7) berubah menjadi 5 m (tabel 8), sedangkan *spacinya* tetap atau tidak berubah. Dari hasil perhitungan ini juga dapat dilihat bahwa, volume *actual* (tabel 5.5.) sangat kecil. Tetapi jika pola peledakannya dirubah menjadi 5 x 8 m (*burden x spaci*) sesuai dengan teori R. L. Ash, maka volume hasil *blasting* akan menjadi lebih besar (tabel 8), walaupun pemakaian bahan peledaknya sama banyaknya, tetapi menghasilkan volume yang lebih besar.

• **Usulan Bahan Peledakan**

Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *empiris*, R. L. Ash, penulis mengusulkan pergantian penggunaan

bahan peledak yang sesuai dengan kondisi riil di lokasi penelitian. Ada dua jenis bahan peledak yang diusulkan yaitu sebagai berikut:

- Bahan Peledak DABEX 64 (*Dahana Bulk Emulsion Matrix series 64*) buatan dalam negeri, Indonesia. Dimana kecepatan detonasi (*explosive VOD*) mencapai 5200 m/s, *explosive density* 1,20 t/m³, dapat dipakai pada kondisi kering dan berair.
- Bahan Peledak ANFO ORICA (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*) buatan Australia, dengan kecepatan detonasinya (*VOD*) dari 2500-4800 m/s, *explosive density* 0,8 t/m³, sangat baik digunakan pada kondisi yang kering atau dikeringkan.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan usulan pola peledakan menggunakan teori R. L. Ash dengan bahan peledaknya adalah DABEX dan ANFO ORICA sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Usulan Pola Peledakan Menggunakan Bahan Peledak DABEX 64

Burden	Spasi	Variasi Kedalaman	Jumlah Lubang	Total Berat	Volume	Densitas	FF	Bahan Peledak
(m)	(m)	(m)		(kg)	(m ³)	(t/m ³)		
8	8	1,5-9	123	4287	7808	785	0,5	DABEX

Tabel 10. Hasil Perhitungan Usulan Pola Peledakan Menggunakan Bahan Peledak ANFO ORICA

Burden	Spasi	Variasi Kedalaman	Jumlah Lubang	Total Berat	Volume	Densitas	FF	Bahan Peledak
(m)	(m)	(m)		(kg)	(m ³)	(t/m ³)		
7	10	1,5-9	123	4287	9256,0	785	0,21	ANFO/ORICA

• **Perbandingan Geometri Peledakan**

Dari semua hasil perhitungan geometri peledakan baik geometri aktual, geometri menurut R. L. Ash dan rancangan geometri di atas, maka dapat dilihat perbandingan sebagai berikut:

Tabel 11. Perbandingan Geometri Peledakan

Urut	Sudut	Jarak/Spasi	Jarak	Tinggi			PF	Uraian	Keterangan
				Dasar	Perantara	Atas			
1	8	1,5-9	12	4287	4029	725	0,06	DANFO	Normal
2	8	1,5-9	12	4287	3520	725	0,06	DANFO	RL 96
3	12	1,5-9	12	4287	3820	725	0,05	DANFO	RL 96
4	10	1,5-10	12	4287	3220	725	0,01	ANFO/Orica	RL 96

Dari tabel perbandingan di atas, dapat dilihat bahwa penggunaan pola 8 x 12 (*burden x spaci*) yang menggunakan bahan peledak DABEX 64 menghasilkan volume yang besar jika dibandingkan dengan bahan peledak yang lain. Penggunaan pola 8 x 12 (*burden x spaci*) juga dapat menghemat pemakaian bahan peledak. Hal ini dapat dilihat pada penggunaan *powder factor* yaitu 0,22, jika dibandingkan dengan *powder factor* yang lain. Begitu juga dengan ANFO buatan Orica.

SIMPULAN

1. Pengaruh karakteristik massa batuan dalam penentuan pola peledakan ialah pada burden dan spacing serta pemakaian bahan peledak yang sesuai dengan karakteristik massa batuan tersebut.
2. Penentuan pola peledakan berdasarkan metode empiris R. L. Ash berdasarkan parameter batuan (karakteristik batuan), jenis bahan peledak yang digunakan serta parameter standar dari R. L. Ash.
3. Penentuan jenis bahan peledak yang sesuai dengan karakteristik massa batuan ditentukan berdasarkan perhitungan karakteristik massa

batuan, jenis bahan peledak yang digunakan dan parameter standar dari teori R. L. Ash.

SARAN

1. Untuk pola peledakan peneliti menyarankan agar menggunakan pola 8 x 12 (*burden x spaci*) atau 7 x 10 (*burden x spaci*).
2. Penggunaan Bahan Peledak DANFO diganti dengan bahan Peledak DABEX atau ANFO buatan Orica.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode lain.

DAFTAR PUSTAKA

Hemphill, G. B., “*Blasting Operation*“, Hecla Mining Company, Mc Graw Hill Book co, New York, 1981.

Jimino Lopes carlos, dkk., “*Drill and Blasting of Rock*“, A.A.Balkema/Rotterdam/Brookfield, 1995

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, “*Kumpulan Istilah Dalam Industri Pertambangan*“, edisi Pertama, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.

Sundari Woro. ST,MT, “*Bahan Ajar Teknik Peledakan*“, Teknik Pertambangan Undana, Kupang, 2008.

Taopan Henda V.R., “*Bahan Ajar Mekanika Tanah*“, Teknik Pertambangan Undana, Kupang, 2012.

_____ http://download/Analisa_produkktivitas_peledakan_untuk_mencapai_target_peledakan.html.

_____ http://download/Peledakan_tambang.html.