

**ANALISIS GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK  
MENDAPATKAN PERBANDINGAN HASIL FRAGMENTASI  
TEORITIS DAN AKTUAL  
DI PT.AGINCOURT RESOURCES MARTABE GOLD MINE  
DESA AEK PINING KECAMATAN BATANGTORU  
KABUPATEN TAPANULI SELATAN  
PROVINSI SUMATERA UTARA**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Strata I  
Pada Jurusan Teknik Pertambangan**



**OLEH :**

**JAMES WILLIAM**

**DBD 113 091**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN  
PALANGKA RAYA  
2018**

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : JAMES WILLIAM

NIM : DBD 113 091

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan – kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan dan Penyusunan Skripsi ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, Agustus 2018

Penulis,

**JAMES WILLIAM**  
**DBD 113 091**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis masih diberikan kesehatan jasmani dan rohani, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “ Analisis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Perbandingan Hasil Fragmentasi Teoritis Dan Aktual di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara”.

Skripsi adalah salah satu dari mata kuliah wajib dengan bobot 6 sks yang wajib ditempuh oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan study Strata Satu Jurusan Teknik Pertambangan. Melalui Skripsi diharapkan mahasiswa dapat memperluas pengetahuan dan pemahaman mengenai disiplin ilmu disertai penerapannya secara nyata di dunia pertambangan.

Dalam kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro ,MT. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Ir.Yulian Taruna, M.Si. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Ibu Lisa Virgiyanti, ST.,MT. Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

4. Bapak Yustinus Hendra Wiryanto, S.Si., MT., M.Sc. Dosen Pembimbing I di Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.
5. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut.,MP. Dosen Pembimbing II di Jurusan Teknik Pertambangan ,Univeritas Palangka Raya.
6. Bapak Hepriyandi Luwyk Djanas Usup, ST., MT. Dosen Penguji I.
7. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si. Dosen Penguji II.
8. Bapak Fahrul Indrajaya, ST., MT. Dosen Penguji III.
9. Dosen dan Staff di Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya
10. Ayah dan Ibu beserta seluruh keluarga yang selalu memberi dukungan baik mental dan spritual.
11. Rekan-rekan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan pada teknis penulisan skripsi, mengingatkan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk penulisan berikutnya.

Palangka Raya, Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>   | <b>i</b>    |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>                                      | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>SARI .....</b>  | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>vi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>  | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>   | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>   | <b>xiv</b>  |
| <br>   |             |
| <b>BAB I    PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 2           |
| 1.3 Maksud dan Tujuan .....  | 2           |
| 1.2.1 Maksud .....   | 2           |
| 1.2.2 Tujuan .....   | 3           |
| 1.4 Manfaat .....  | 3           |
| 1.5 Batasan Masalah .....  | 4           |
| <br>   |             |
| <b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....</b>  | <b>5</b>    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....   | 5           |
| 2.2 Peledakan .....  | 6           |
| 2.2.1 Definisi Peledakan .....   | 6           |
| 2.2.2 Pola Peledakan .....   | 7           |
| 2.2.3 Geometri Peledakan CJ. Konya.....  | 10          |
| 2.2.4 Bahan Peledak .....  | 19          |
| 2.3 Fragmentasi.....   | 35          |
| 2.3.1 Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan .....                         | 36          |
| 2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi tingkat Fragmentasi<br>Hasil peledakan .....    | 38          |
| 2.3.3 Perkiraan Fragmentasi Hasil Peledakan<br>Berdasarkan Model Kuz-Ram ..... | 47          |
| 2.3.4 Analisa Fragmentasi menggunakan <i>Split Desktop</i> .....               | 50          |
| <br>   |             |
| <b>BAB III    METODE PENELITIAN .....</b>                                      | <b>52</b>   |
| 3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian .....                                     | 52          |
| 3.1.1 Sejarah singkat perusahaan.....  | 52          |
| 3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah .....                                       | 54          |

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| 3.2           | Kondisi Geologi.....  | 55        |
| 3.2.1         | Kondisi Geologi Regional .....  | 55        |
| 3.2.1.1       | Fisiografi .....  | 55        |
| 3.2.1.2       | Stratigrafi Regional .....  | 55        |
| 3.2.1.3       | Struktur Geologi Regional .....   | 56        |
| 3.2.2         | Kondisi Geologi Daerah Penelitian .....   | 57        |
| 3.2.2.1       | Morfologi Daerah Penelitian .....   | 57        |
| 3.2.2.2       | Stratigrafi/Litologi Daerah Penelitian .....  | 58        |
| 3.2.2.3       | Struktur Geologi Daerah Penelitian .....  | 60        |
| 3.3           | Metode Pengumpulan Data.....  | 61        |
| 3.4           | Jenis Data.....   | 62        |
| 3.5           | Metode Pengolahan Data.....   | 62        |
| 3.6           | Langkah Kerja Penelitian .....  | 63        |
| 3.7           | Alat dan Bahan .....  | 63        |
| 3.8           | Tempat dan Waktu Penelitian.....  | 64        |
| 3.8.1         | Tempat Penelitian .....   | 64        |
| 3.8.2         | Waktu Penelitian.....   | 64        |
| 3.9           | Bagan Alir.....   | 66        |
| <b>BAB IV</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   | <b>67</b> |
| 4.1           | Hasil Penelitian .....  | 67        |
| 4.1.1         | Geometri Peledakan PT. Agincourt Resources .....  | 67        |
| 4.1.1.1       | Geometri Peledakan .....  | 67        |
| 4.1.1.2       | <i>Powder Factor</i> .....  | 69        |
| 4.1.2         | Perbandingan Fragmentasi Hasil Peledakan<br>Geometri Aktual dan Teoritis.....   | 69        |
| 4.1.2.1       | Pembobotan Massa Batuan .....   | 69        |
| 4.1.2.2       | Fragmentasi Hasil Peledakan Geometri<br>Aktual dengan <i>Split Desktop</i> .....  | 72        |
| 4.1.2.3       | Fragmentasi Hasil Peledakan Geometri<br>Aktual dengan teori Kuz-Ram.....  | 78        |
| 4.1.2.4       | Geometri Peledakan Menggunakan Rumus<br>CJ Konya .....  | 79        |
| 4.1.2.5       | Fragmentasi Geometri CJ Konya .....   | 83        |
| 4.1.2.6       | Perbandingan Fragmentasi Hasil Perhitungan<br>Kuz-Ram Geometri Aktual, Geometri<br>CJ Konya dan Fragmentasi Geometri Aktual<br>Hasil <i>Split Desktop</i> ..... | 84        |
| 4.1.3         | Geometri Rekomendasi Yang Optimal.....  | 85        |
| 4.2           | Pembahasan .....  | 87        |
| 4.2.1         | Geometri Peledakan di PT. Agincourt Resources .....   | 87        |
| 4.2.2         | Analisis Perbandingan Fragmentasi Hasil Peledakan<br>Geometri Aktual dan Teoritis .....   | 89        |
| 4.2.3         | Geometri Rekomendasi Yang Optimal.....  | 93        |

|              |                      |    |
|--------------|----------------------|----|
| <b>BAB V</b> | <b>PENUTUP</b> ..... | 95 |
|              | 5.1 Kesimpulan ..... | 95 |
|              | 5.2 Saran .....      | 97 |

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1  | Kelebihan dan Kekurangan CJ Konya dan RL Ash.....  | 11 |
| Tabel 2.2  | <i>Correction For Bedding Orientation And Geologic Structure</i> .....   | 13 |
| Tabel 2.3  | <i>Correction For Number Of Rows</i> .....   | 13 |
| Tabel 2.4  | Hubungan Nilai <i>Powder Factor</i> Dengan Tipe Batuan.....  | 19 |
| Tabel 2.5  | Bobot Isi Bahan Peledak .....  | 26 |
| Tabel 2.6  | Klasifikasi Kuat Tekan Batuan .....  | 41 |
| Tabel 2.7  | Klasifikasi Kuat Tarik Batuan.....   | 41 |
| Tabel 2.8  | Klasifikasi Umum Jenis Penggalian Untuk Suatu Massa<br>Batuan Berdasarkan UCS.....                             | 42 |
| Tabel 2.9  | Hubungan antara UCS dengan Kekerasan Batuan .....  | 43 |
| Tabel 2.10 | Kekerasan Mineral menurut Mohs .....   | 44 |
| Tabel 2.11 | Klasifikasi Pembobotan Batuan .....  | 46 |
| Tabel 2.12 | Klasifikasi Spasi Kekar .....  | 47 |
| Tabel 2.13 | Bobot Nilai Tiap Parameter Dalam Penentuan <i>Blastability</i><br><i>Index</i> (BI) menurut Lily, 1986 .....   | 48 |
| Tabel 3.1  | Waktu Pelaksanaan Kegiatan Tugas Akhir .....   | 65 |
| Tabel 4.1  | Geometri rata-rata peledakan aktual .....  | 68 |
| Tabel 4.2  | <i>Powder Factor</i> aktual berdasarkan total penggunaan bahan<br>peledak terhadap volume hasil peledakan..... | 69 |
| Tabel 4.3  | Nilai RMD berdasarkan nilai RQD daerah penelitian .....  | 70 |
| Tabel 4.4  | Litologi Batuan dilokasi peledakan.....  | 71 |
| Tabel 4.5  | Analisa Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Geometri Aktual<br>menggunakan <i>Split Desktop</i> .....       | 77 |
| Tabel 4.6  | Ukuran partikel <i>passing</i> P20, P40, P60, P80, <i>Top Size</i> .....                                       | 78 |
| Tabel 4.7  | Analisa Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Geometri<br>Aktual Menggunakan Kuz-Ram .....                    | 79 |
| Tabel 4.8  | Geometri CJ Konya Purnama_365_Z2_009 (11 November 2017)  | 80 |
| Tabel 4.9  | Geometri CJ Konya Purnama_365_Z2_010 (14 November 2017)  | 80 |
| Tabel 4.10 | Geometri CJ Konya Purnama_380_Z2_011 (18 November 2017)  | 81 |
| Tabel 4.11 | Geometri CJ Konya Purnama_390_Z1_014 (20 November 2017)  | 81 |
| Tabel 4.12 | Geometri CJ Konya Purnama_390_Z1_015 (26 November 2017)  | 82 |
| Tabel 4.13 | Geometri CJ Konya Purnama_375_Z2_011 (27 November 2017)  | 82 |
| Tabel 4.14 | Analisa Distribusi Fragmentasi Geometri CJ Konya<br>menggunakan Kuz-Ram.....                                   | 83 |
| Tabel 4.15 | Geometri Aktual perusahaan serta fragmentasi yang dihasilkan ..  | 85 |
| Tabel 4.16 | Perbandingan fragmentasi rancangan geometri lokasi<br>Purnama_365_Z2_010 .....                                 | 86 |
| Tabel 4.17 | Perbandingan fragmentasi rancangan geometri lokasi<br>Purnama_390_Z1_015 .....                                 | 86 |
| Tabel 4.18 | Perbandingan fragmentasi rancangan geometri lokasi<br>Purnama_375_Z2_011 .....                                 | 87 |

## DAFTAR GAMBAR

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Pola <i>Flat Face</i> .....   | 8  |
| Gambar 2.2 | Pola <i>Box Cut</i> .....   | 8  |
| Gambar 2.3 | Pola <i>echelon cut</i> .....   | 9  |
| Gambar 2.4 | Pola <i>V-cut</i> .....   | 10 |
| Gambar 2.5 | Proses Pecahnya Batuan .....  | 38 |
| Gambar 3.1 | Gambar Peta Geologi Lokasi PT.Agincourt Resources.....  | 57 |
| Gambar 4.1 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_365_Z2_009<br>(11 November 2017) .....  | 74 |
| Gambar 4.2 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_365_Z2_010<br>(14 November 2017).....   | 74 |
| Gambar 4.3 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_380_Z2_011<br>(18 November 2017).....   | 75 |
| Gambar 4.4 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_390_Z1_014<br>(20 November 2017).....   | 75 |
| Gambar 4.5 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_390_Z1_015<br>(26 November 2017).....   | 76 |
| Gambar 4.6 | Hasil analisa fragmentasi Purnama_375_Z2_011<br>(27 November 2017).....   | 76 |
| Gambar 4.7 | Grafik perbandingan fragmentasi hasil perhitungan Kuz-Ram<br>geometri aktual, Geometri CJ Konya dan Fragmentasi geometri<br>aktual hasil <i>split desktop</i> ..... | 84 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|             |  |
|-------------|--|
| Lampiran A. | Peta Kesampaian Daerah   |
| Lampiran B. | Peta Lokasi Penelitian   |
| Lampiran C. | Peta Geologi Daerah Penelitian                                   |
| Lampiran D. | Curah Hujan November-Desember 2017                               |
| Lampiran E. | Spesifikasi Bahan Peledak, Perlengkapan dan Peralatan Peledakan  |
| Lampiran F. | Data Arah Dip dan Spasi Dip                                      |
| Lampiran G. | Perhitungan Geometri CJ Konya                                    |
| Lampiran H. | Nilai <i>Blastability Index</i> (BI) dan <i>Rock Factor</i> (RF) |
| Lampiran I. | Perhitungan Fragmentasi Kuz-Ram                                  |
| Lampiran J. | Foto Fragmentasi Hasil <i>Split Desktop</i>                      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine menggunakan sistem penambangan terbuka (*surface mine*) dengan metode *Open Pit*. Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine adalah peledakan (*Blasting*). Kegiatan peledakan adalah kegiatan untuk memberai batuan yang memiliki kondisi yang keras agar mempermudah proses selanjutnya. . Kegiatan peledakan dilakukan dengan membuat lubang ledak yang kemudian akan diisi oleh bahan peledak.

Dalam kegiatan peledakan ada beberapa macam bentuk keberhasilan dari proses kegiatan tersebut, salah satunya adalah fragmentasi. Dimana ukuran fragmentasi hasil peledakan berpengaruh terhadap proses pemuatan dan pengolahan *ore* yang diledakkan. Fragmentasi itu sendiri dapat dilihat dari perhitungan menggunakan teori dan kesesuaian hasil aktual berdasarkan kegiatan peledakan yang telah dilakukan. Tentu nilai fragmentasi tersebut ditentukan berdasarkan target yang diinginkan. Di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine fragmentasi yang dihasilkan dari peledakan yang dilakukan dapat dikatakan memberikan hasil yang sesuai kriteria yang diinginkan akan tetapi nilai PF kegiatan peledakan kurang optimal. Maka dari itu, kegiatan peledakan membutuhkan geometri yang

optimal untuk mendapatkan fragmentasi yang sesuai dengan nilai PF yang digunakan optimal.

Atas dasar inilah maka penulis berencana melakukan kegiatan penelitian Skripsi dengan judul “Analisis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Perbandingan Hasil Fragmentasi Teoritis dan Aktual di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana geometri peledakan yang digunakan di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine?
- 2) Bagaimana perbandingan hasil fragmentasi geometri aktual dengan geometri berdasarkan teori di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine?
- 3) Bagaimana geometri rekomendasi yang optimal untuk mendapatkan fragmentasi yang baik di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine ?

## **1.3. Maksud dan Tujuan**

### **1.3.1. Maksud**

Maksud dari kegiatan Penelitian Skripsi ini adalah untuk menganalisis geometri untuk mendapatkan perbandingan hasil fragmentasi teoritis dan aktual.

### 1.3.2. Tujuan

Tujuan dari kegiatan penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menjelaskan geometri peledakan yang digunakan di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine
- 2) Menganalisis perbandingan hasil fragmentasi geometri aktual dengan geometri berdasarkan teori di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine
- 3) Merancang geometri yang optimal untuk mendapatkan fragmentasi yang baik di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine.

### 1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam kegiatan Skripsi ini adalah :

- 1) Manfaat Bagi Perguruan Tinggi  
Sebagai tambahan referensi khususnya mengenai rancangan geometri peledakan yang diterapkan di perusahaan pertambangan di Indonesia, khususnya di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara
- 2) Manfaat Bagi Perusahaan  
Memberikan saran dan masukan untuk menentukan geometri yang optimal agar mendapatkan fragmentasi yang lebih baik.

### 3) Manfaat Bagi Mahasiswa

Mengetahui hasil analisis geometri berdasarkan perbandingan hasil fragmentasi teoritis dan aktual dan dapat memberikan peran untuk merancang geometri yang optimal.

## 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan hanya menganalisis geometri peledakan yang dilakukan di PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine dan kemudian menghitung geometri peledakan yang lain secara teoritis sebagai perbandingan
- 2) Pendekatan teori yang digunakan adalah teori CJ Konya
- 3) Perbandingan fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan metode teoritis (kuz-ram) dan menggunakan *software Split Desktop*

3.1

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nilasari, Gita Andini dkk (2017) melakukan penelitian tentang perbandingan geometri secara aktual dan teoritis. Metode yang digunakan untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan dalam penelitian ini yaitu secara teoritis dengan menggunakan metode Kuz-Ram dan metode *image analysis* dengan menggunakan *software Split Desktop*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui persentase fragmentasi hasil peledakan dan memperhitungkan *boulder*. Hasil dari analisis fragmentasi hasil peledakan yang dilakukan terhadap geometri aktual PT Semen Tonasa didapatkan geometri yang paling optimal adalah geometri dengan burden 4 m, spasi 5,5 m, kedalaman 13,34 m dengan *powder factor* sebesar 0,33 kg/m<sup>3</sup>, yang menghasilkan ukuran fragmen rata-rata 38,63 cm, *digging time* sebesar 8,21 detik, dan *bucket fill factor* sebesar 66,71 %.

Handayani, Riski Lestari dkk 2015 melakukan penelitian untuk memprediksi ukuran fragmentasi hasil peledakan. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuz-ram, untuk memprediksi ukuran fragmentasi batuan, dan data yang digunakan adalah data geometri peledakan, data geotek perusahaan yaitu faktor batuan, dan dokumentasi. Dari hasil penelitian yang dilakukan, fragmentasi rata-rata memiliki ukuran kurang

lebih 71,22 % lebih kecil dari 75 cm, karena yang menjadi patokan dasar ukuran fragmentasi adalah 78 cm. stemming yang terlalu panjang akan menyebabkan energi yang dihasilkan dari bahan peledak tidak menyebar secara merata sehingga ukuran fragmentasi kebanyakan yang *oversize*, burden dan spacing juga mempengaruhi ukuran fragmentasi, jika burden 9 meter dan *spacing* 10 meter dipakai pada material yang keras dengan bahan peledak yang digunakan sedikit, maka daya hancur untuk materialnya akan kurang dan menyebabkan fragmentasi yang dihasilkan menjadi *oversize*.

## 2.2. Peledakan

### 2.2.1. Definisi Peledakan

Peledakan adalah merupakan kegiatan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak atau proses terjadinya ledakan. Suatu operasi peledakan batuan akan mencapai hasil optimal apabila perlengkapan dan peralatan yang dipakai sesuai dengan metode peledakan yang di terapkan .

Kegiatan peledakan pada massa batuan mempunyai beberapa tujuan, yaitu:

1. membongkar dan melepaskan batuan (bahan galian) dari batuan induknya.
2. Memecah dan memindahkan batuan.
3. Membuat rekahan.

Teknik peledakan yang dipakai tergantung dari tujuan peledakan dan pekerjaan atau proses lanjutan setelah peledakan. Untuk mencapai pekerjaan peledakan yang optimum sesuai dengan rencana, perlu diperhatikan faktor – faktor sebagai berikut:

1. Karakteristik batuan yang akan diledakkan.
2. Karakteristik bahan peledak yang digunakan.
3. Teknik atau metode peledakan yang diterapkan.

Suatu proses peledakan biasanya dilakukan dengan cara membuat lubang tembak yang diisi dengan sejumlah bahan peledak; dengan penerapan metode peledakan, geometri peledakan dan jumlah bahan peledak yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

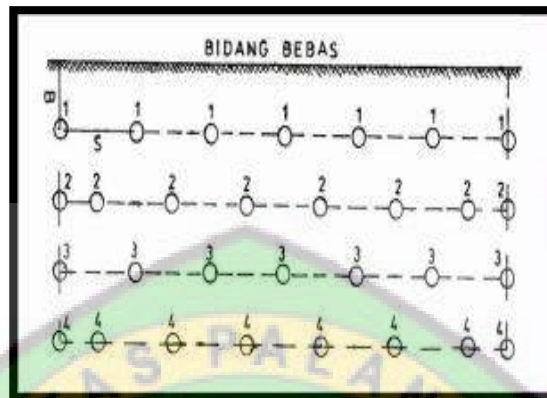
### **2.2.2. Pola Peledakan**

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. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

a. *Flat Face*

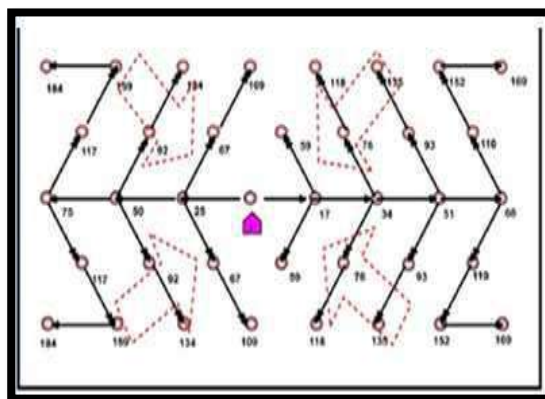
Pola peledakan dengan waktu tunda yang sama tiap deret lubang ledak (*row by row*).



Gambar 2.1 Pola *Flat Face*

b. *Box Cut*

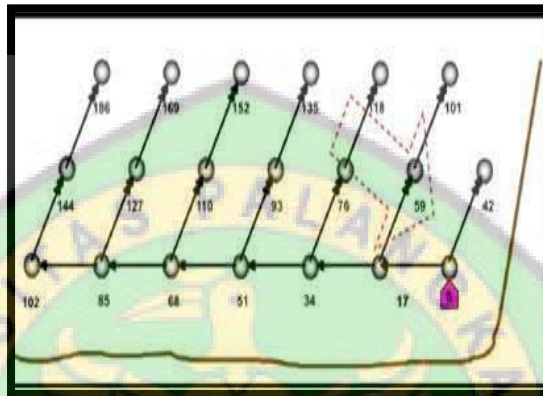
Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang hanya mempunyai satu bidang bebas (*free face*) yakni permukaan yang bersentuhan langsung dengan udara ke arah *vertical*. Pola peledakan ini bertujuan untuk menghasilkan bongkahan awal seperti kotak (*box*) dengan *control row* ditengah-tengah membagi dua rangkaian.



Gambar 2.2 Pola *Box Cut*

c. *Corner cut (echelon cut)*

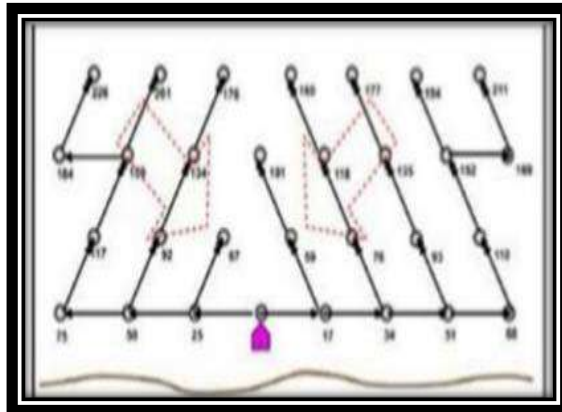
Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki tiga bidang bebas (*free face*) arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola peledakan ini adalah kearahpojok (*corner*).



Gambar 2.3 Pola *Echelon cut*

d. *V-cut*

Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki dua bidang bebas (*free face*), arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola ini adalah kearah tengah (*center*) dengan pola peledakan menyerupai huruf V yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk huruf V.



Gambar 2.4 Pola *V-Cut*

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

### 2.2.3. Geometri Peledakan CJ Konya (1972)

Geometri peledakan bertujuan untuk memperoleh ukuran fragmentasi sesuai dengan yang diinginkan, sehingga perlu memperhatikan geometri dalam suatu perencanaan peledakan.

Geometri peledakan CJ Konya memiliki kelebihan dan kekurangan sama seperti teori lainnya. Perbandingan kelebihan dan kekurangan teori CJ Konya dan teori lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Teori CJ Konya dan RL Ash

| NO | Teori    | Kelebihan   | Kekurangan   |
|----|----------|---|--|
| 1  | CJ Konya | pada teori CJ Konya nilai burden ditentukan berdasarkan jenis batuan dan bahan peledak serta kondisi geologi itu sendiri yang membuat lebih rinci | pada teori CJ Konya untuk nilai lainnya seperti spasi, stemming, dll ditentukan oleh burden dengan nilai konstanta pengali yang mutlak                   |
| 2  | RL Ash   | pada teori RL Ash untuk mencari nilai burden menggunakan karakteristik batuan dan bahan peledak yang di gunakan seperti contoh VOD                | tentu karena teori RL Ash lebih dinamis pasti membutuhkan waktu dan pengerjaan yang lama karena pasti melakukan percobaan untuk mendapatkan yang terbaik |
|    |          | pada teori RL ASH juga lebih dinamis karena ada range untuk mencari geometrinya sehingga bisa mendapatkan mana yg lebih cocok untuk suatu daerah  |  |

Dalam pengamatan yang dilakukan dilapangan, ada beberapa parameter dari geometri peledakan yang sangat menentukan fragmentasi batuan hasil dari peledakan, antara lain:

1. *Burden (B)*

*Burden* adalah jarak tegak lurus lubang bor terhadap Bidang Bebas (*freeface*). Secara teoritis, jika jarak *Burden* terlalu kecil akan menghasilkan bongkaran yang terlalu hancur dan tergeser jauh dari dinding jenjang dan kemungkinan terjadinya batu terbang (*flyrock*) akan besar, sedangkan bila jarak *Burden* terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi batuan yang kurang baik, karena gelombang tekan yang mencapai bidang bebas menghasilkan gelombang tarik yang sangat lemah dan di bawah kuat tarik batuan, sehingga batuan dalam area *Burden* tidak hancur.

$$B = 3,15 \times De \times \left[ \frac{SGe}{SGr} \right]^{0,33} \quad (\text{Sumber : Konya, 1983})$$

$$B = \left[ \frac{2SGe}{SGr} + 1,5 \right] \times De$$

$$B = 0,67 \times De \left( \frac{Stv}{SGr} \right)^{0,33}$$

Keterangan :

$B = \text{Burden (feet)}$

$De = \text{Diameter of explosive (inches)}$

$St_v = \text{Relative bulk strength of explosive}$

$SGr = \text{berat jenis batuan}$  ,  $SGe = \text{berat jenis bahan peledak}$

Struktur geologi daerah juga diperlukan sebagai faktor koreksi terhadap jarak *burden*. Sedangkan untuk peledakan dimana material hasil peledakan sebelumnya belum seluruhnya dipindahkan (*buffer blasting*) maka diperlukan faktor koreksi terhadap *burden* sebesar  $K_r$  (Tabel sehingga besarnya *burden* terkoreksi dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$B_c = K_d \times K_s \times K_r \times B \quad (\text{Sumber : Konya, 1983})$$

Keterangan :

$B_c = \text{Burden terkoreksi (feet)}$

$B = \text{Burden (feet)}$

Kd= Faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan (*bedding orientation*)

Ks = Faktor koreksi terhadap struktur geologi (*geologic structure*)

Kr = Faktor koreksi terhadap jumlah baris (*correction of number of row*) dan *buffer blast*

Tabel 2.2 *Correction For Bedding Orientation And Geologic Structure*

| <b>Bedding Orientation</b>                                   | <b>Kd</b> |
|--|-----------|
| Bedding steply dipping into cut                              | 1.18      |
| Bedding steply dipping into face                             | 0.95      |
| Other case of deposition                                     | 1.00      |
| <b>Geologic Structure</b>                                    | <b>Ks</b> |
| Heavily cracked, frequent weak joint, weakly cemented layers | 1.30      |
| Thin well-cemended layers with tight joints                  | 1.10      |
| Massive intact rock  | 0.95      |

Sumber : Konya, 1983

Tabel 2.3 *Correction For Number Of Rows*

| <b>Number of Rows</b>                     | <b>Kr</b> |
|---|-----------|
| One or two row of hole                    | 1.00      |
| Third and subsequent rows or buffer blast | 0.90      |

Sumber : Konya, 1983

## 2. *Spacing (S)*

*Spacing* adalah jarak diantara lubang ledak dalam satu garis yang sejajar dengan bidang bebas. Jarak *spacing* yang terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi yang tidak baik dan dinding akhir yang ditinggalkan relatif tidak rata, sebaliknya bila *spacing* terlalu kecil dari jarak *burden* maka akan mengakibatkan tekanan sekitar *stemming* yang lebih dan mengakibatkan gas hasil ledakan dihamburkan ke atmosfer diikuti suara bising (*noise*).

*Spacing* yang kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Untuk *spacing* yang terlalu besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkahan (*boulder*) dan tonjolan (*toe*) di antara lubang ledak setelah peledakan.

Besarnya *spasi* dihitung berdasarkan pada perbandingan antara tinggi jenjang dengan *burden* (L/B) dan *delay* yang digunakan. Besarnya *spasi* dapat dihitung berdasarkan pada persamaan berikut :

Untuk tinggi jenjang rendah ( $L/B < 4$ ) ( Sumber : Konya, 1983)

### 1. *Instantaneous initiation*

$$S = (L + 2B)/8$$

### 2. *Delayed initiation*

$$S = (L + 7B)/8$$

Untuk tinggi jenjang tinggi ( $L/B > 4$ ) ( *Sumber : Konya, 1983*)

1. *Instantaneous initiation*

$$S = 2B$$

2. *Delayed initiation*

$$S = 1,4B$$

Keterangan :

S = Jarak spasi (*feet*)

L = Tinggi jenjang (*feet*)

B = Jarak burden (*feet*)

3. Diameter Lubang Ledak (d atau  $\emptyset$ )

Ukuran diameter lubang ledak merupakan faktor yang penting dalam merancang suatu peledakan, karena akan mempengaruhi dalam penentuan jarak *Burden* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya. Untuk lubang ledak kecil, energi yang dihasilkan akan kecil, sehingga jarak antar lubang bor (*spacing*) dan jarak ke Bidang Bebas (*burden*) haruslah kecil juga, dengan maksud agar energi ledakan cukup kuat untuk menghancurkan batuan, begitu pula sebaliknya.

#### 4. *Stemming* (T)

*Stemming* adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi biasanya diisi oleh abu hasil pengeboran atau material berukuran kerikil dan dipadatkan di atas bahan peledak. Panjang *stemming* juga dapat mempengaruhi fragmentasi batuan hasil peledakan, di mana *stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledakan tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut, dan *stemming* yang terlalu pendek bisa mengakibatkan terjadinya batuan terbang dan pecahnya batuan menjadi lebih kecil.

Kriteria *stemming* yang baik yaitu :

- Dapat menyeimbangkan tekanan di daerah *stemming*.
- Dapat mengurangi gas hasil proses kimia bahan peledak
- Dapat mengontrol kemungkinan terjadinya *airblast* dan *flyrock*.

Secara teoritis bahan *stemming* batuan dari batu kerikil atau batuan hasil *crushing* dengan ukuran kecil jauh lebih baik dari pada *cutting* pengeboran, karena keterikatannya yang baik, keterkungkungan bahan peledak lebih optimal sehingga tidak ada *loos* energi ke permukaan (*stemming injection*) yang dapat menyebabkan distribusi energi bahan peledak lebih merata. Inilah dasar pemilihan batu *split* sebagai material *stemming*

karena keterikatan yang baik dan berat jenisnya yang lebih besar dibandingkan *cutting* pengeboran diharapkan dapat meningkatkan target *recovery* hasil peledakan *overburden* dan mengurangi derajat fragmentasi *boulder*.

$$T = 0,7B \quad (\text{Sumber : Konya,1983})$$

Keterangan :

T = *Stemming* (m)

B= *Burden* (m)

5. *Subdrilling* (J)

*Subdrilling* adalah lubang ledak yang dibor sampai melebihi batas lantai jenjang bagian bawah supaya batuan dapat meledak secara *fullpace* dan untuk menghindari kemungkinan adanya tonjolan-tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang lantai bagian bawah. tambahan kedalaman dari lubang tembak di bawah rencana lantai jenjang.

$$J = 0,3 B \quad (\text{Sumber : Konya,1983})$$

Keterangan :

J = *Subdrilling* (feet)

B = *Burden* (feet)

6. Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan

geoteknik. Dari hasil perhitungan *Subdrilling* dan tinggi jenjang dapat ditentukan kedalaman lubang yang harus dibor, formulasi kedalaman lubang ledak

$$H = \frac{(L + J)}{\sin \alpha} \quad (\text{Sumber : Konya, 1983})$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Tinggi jenjang (m)

J = *Subdrilling* (m)

$\alpha$  = Sudut kemiringan lubang ledak yang diinginkan ( $^{\circ}$ )

#### 7. *Charge Length* (PC)

*Charge length* merupakan panjang kolom isian bahan peledak. Adapun rumus perhitungannya yaitu :

$$PC = H - T \quad (\text{Sumber : Konya, 1983})$$

Keterangan :

PC = panjang kolom isian (m)

H = kedalaman lubang ledak (m)

T = *stemming* (m)

#### 8. *Loading Density* (de)

Konsentrasi isian (*loading density*) merupakan konsentrasi isian bahan peledak yang digunakan dalam kolom isian (PC) lubang tembak. Untuk menghitung lubang tembak maka harus ditentukan dulu jumlah isian bahan peledak permeter/panjang kolom isian (PC). Penentuan jumlah isian

bahan peledak yang digunakan per meter kolom lubang ledak dinyatakan dalam satuan kg/m.

#### 9. Powder Factor (PF)

*Powder factor* adalah perbandingan antara jumlah bahan peledak dengan batuan yang diledakkan. Adapun rumus perhitungannya yaitu :

$$PF = \frac{Pc \times de}{(B \times S \times L)} \quad (\text{Sumber : Konya, 1983})$$

Keterangan :

PC= panjang kolom isian bahan peledak (m)

De= *loading density* (m)

B = *burden* (m)

S = *spacing* (m)

L = tinggi jenjang (m)

Tabel 2.4  
Hubungan Nilai *Powder Factor* Dengan Tipe Batuan

| Types of rock                           | Powder factor (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---|------------------------------------|
| Massive high strength rock              | 0.60-1.5                           |
| Medium strength rock                    | 0.30-0.60                          |
| Highly fissured rock, weathered or soft | 0.10-0.30                          |

Sumber : Jimeno, 1995

#### 2.2.4. Bahan Peledak

Bahan peledak komersil yang saat ini banyak diproduksi dan dijual berasal dari penemuan dan pengembangan *black*

*powder*. Black powder merupakan campuran antara  $\text{NaNO}_3 + \text{C} + \text{S}$ . Penemu *black powder* itu sendiri sampai saat ini belum diketahui. Catatan atau dokumen mengenai *salt pater* atau *nitrat* yang merupakan bahan dasar pembuatan *black powder* pertama kali ditemukan pada abad ke-13 dan ditulis oleh orang Arab. Diperkirakan *salt pater* sudah digunakan oleh bangsa China sejak abad ke-10. Bahan peledak mulai disebarluaskan pada tahun 1242 oleh seorang biarawan Inggris bernama Roger Balcom.

Bahan peledak kimia adalah bahan peledak kimia didefinisikan sebagai suatu campuran bahan kimia senyawa tunggal atau campuran bentuk padat, cair, atau campuran padat dan cair yang apabila diberi aksi panas, benturan, gesekan atau ledakan awal akan mengalami suatu reaksi kimia eksotermis sangat cepat dan hasil reaksinya sebahagian atau seluruhnya berbentuk gas yang disertai panas dan tekanan tinggi.

Panas dari gas yang dihasilkan reaksi peledakan sekitar  $4000^\circ\text{C}$ . Menurut *Langefors* dan *Kihlstrom*, tekanan reaksi peledakan tersebut bisa mencapai lebih dari 100.000 atm setara dengan  $101.500 \text{ kg/cm}^2$  atau 9.850 MPa. *Energy* yang ditimbulkan oleh reaksi peledakan sekitar 25.000 MW atau 5.950.000 Kcal/s. *Energy* ini dihasilkan oleh reaksi peledakan yang sangat cepat yaitu berkisar antara 2.500 – 7.500 m/s, namun kekuatan energi tersebut hanya

beberapa saat saja dan akan berkurang seiring dengan perkembangan runtuh batuan.

Bahan peledak (*explosive*) terdiri dari tiga campuran bahan utama, yaitu:

- ❖ Zat kimia yang mudah bereaksi yang berfungsi sebagai bahan peledak dasar (*explosive base*) misalnya : NG (*Nitroglycerin*,  $C_3H_5(NO_3)_3$ , TNT (*Trinitrowena*,  $C_6H_2CH_3(NO_3)_3$ , *Etilene Glycolnitrate*  $C_3H_4(NO_3)_2$ , dan sebagainya.
- ❖ Oksidator berfungsi memberikan oksigen misalnya  $KClO_3$ ,  $NaClO_3$ ,  $NH_4NO_3$ , dan sebagainya.
- ❖ Zat penyerap/tambahan misalnya serbuk kayu, serbuk batubara, chalt ( $CaCO_3$ ) kiesel guhr ( $SiO_2$ ) dan sebagainya.

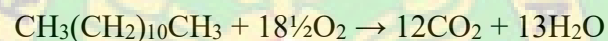
#### A. Reaksi dan Produk Peledakan

Peledakan akan memberikan hasil yang berbeda dengan yang diharapkan karena tergantung kondisi eksternal pada saat pekerjaan dilakukan yang mempengaruhi kualitas bahan kimia pembentuk bahan peledak. Panas merupakan awal terjadinya proses dekomposisi/proses awal penguraian atom atom bahan kimia pmebentuk bahan peledak yang menimbulkan pembakaran, kemudian dilanjutkan dengan deflagrasi dan terakhir detonasi. Proses dekomposisi bahan peledak adalah sebagai berikut:

## 1. Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi permukaan yang eksotermis dan dijaga keberlangsungannya oleh panas yang dihasilkan dari reaksi itu sendiri. Produk pembakaran berupa pelepasan gas-gas. Reaksi pembakaran memerlukan unsure oksigen ( $O_2$ ) baik yang terdapat di alam bebas maupun dari ikatan molekuler bahan atau material yang terbakar. Penghentian pembakaran dapat dilakukan dengan mengisolasi material yang terbakar dari oksigen.

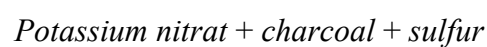
Contoh reaksi minyak diesel (*diesel oil*) yang terbakar:

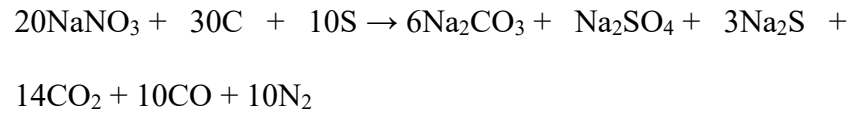


## 2. Deflagrasi

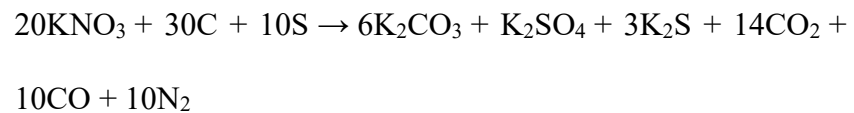
Deflagrasi/menimbulkan gelombang kejut adalah proses kimia eksotermis dimana transmisi dari reaksi dekomposisi didasarkan pada konduktivitas termal (panas). Deflagrasi merupakan fenomena reaksi permukaan yang reaksinya meningkat menjadi ledakan dan menimbulkan gelombang kejut (*shock wave*) dengan kecepatan rambat rendah, yaitu 300-1000 m/s atau lebih rendah dari kecepatan suara (*subsonic*).

Contoh pada reaksi peledakan *low explosive* (*black powder*) adalah sebagai berikut:





*Sodium nitrat + charcoal + sulfur*



### 3. Ledakan

Menurut Berthelot, ledakan adalah ekspansi seketika yang cepat dari gas menjadi bervolume lebih besar dari sebelumnya yang diiringi suara keras dan efek mekanis yang merusak. Ledakan tidak melibatkan reaksi kimia, tetapi disebabkan oleh transfer *energy* ke gerakan massa yang menimbulkan efek mekanis merusak yang disertai panas dan bunyi yang keras.

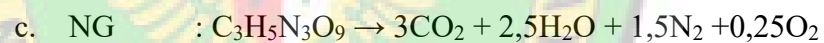
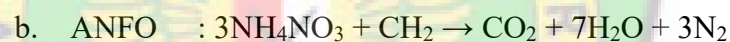
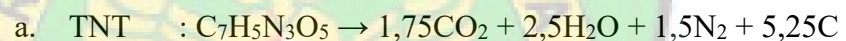
### 4. Detonasi

Detonasi adalah proses kimia – fisika yang mempunyai kecepatan reaksi sangat tinggi sehingga menghasilkan gas dan temperature sangat besar yang semuanya membangun ekspansi gaya yang sangat besar pula. Kecepatan rambat reaksi pada proses detonasi berkisar antara 3000 – 7500 m/s, contohnya kecepatan reaksi ANFO sekitar 4500 m/s. Kecepatan reaksi yang sangat tinggi menyebarkan tekanan panas ke seluruh zona peledakan dalam bentuk gelombang tekan kejut (*shock compression wave*). Proses ini berlangsung terus menerus untuk

membebasikan *energy* hingga berakhir dengan ekspansi reaksinya.

*Shock compression wave* memiliki daya dorong sangat tinggi dan mampu merobek retakkan yang sudah ada sebelumnya menjadi rerakkan yang lebih besar. *Shock wave* dapat menimbulkan *shympatatic detonation* yang berperan penting dalam menentukan jarak aman (*safety distance*) antar lubang.

Contoh proses detonasi yang terjadi pada beberapa bahan peledak:



## B. Karakteristik Bahan Peledak

### 1. Sifat Fisik Bahan Peledak

Sifat fisik bahan peledak merupakan suatu kenampakan nyata dari sifat bahan peledak ketika menghadapi perubahan kondisi lingkungan sekitarnya. Kenampakan nyata ini harus diamati dan dikatehui tanda-tandanya oleh juru ledak untuk menjustifikasikan suatu bahan peledak yang rusak, rusak tapi masih bisa dipakai dan tidak rusak. Kualitas bahan peledak

umumnya akan menurun seiring dengan derajat kerusakannya, artinya suatu bahan peledak yang rusak, *energy* yang dihasilkannya akan berkurang.

#### A. Densitas

Densitas adalah angka yang menyatakan perbandingan berat per volume. Densitas bahan peledak dapat didefinisikan dengan beberapa pengertian,

- ❖ Densitas bahan peledak adalah berat bahan peledak per unit volume, yang dinyatakan dalam gr/cc.
- ❖ Densitas pengisian (*loading density*) adalah berat bahan peledak per meter kolom lubang tembok, dinyatakan dalam kg/m.
- ❖ *Cartridge count* atau *stick count* adalah jumlah *cartridge* (bahan peledak berbentuk pasta yang sudah dikemas) dengan ukuran 1¼" x 8" di dalam kotak seberat 50 lb atau 140 dibagi berat jenis bahan peledak.

Densitas bahan peledak berkisar antara 0,6 – 1,7 gr/cc, contohnya ANFO, memiliki densitas 0,8 – 0,85 gr/cc. Bahan peledak yang memiliki densitas tinggi akan menghasilkan kecepatan detonasi dan tekanan yang tinggi. Untuk fragmentasi hasil peledakan berukuran kecil, digunakan bahan peledak dengan densitas tinggi, dan

sebaliknya untuk fragmentasi hasil peledakan berukuran besar digunakan bahan peledak dengan densitas besar. Untuk meledakkan batuan massif atau keras, digunakan bahan peledak dengan densitas tinggi dan untuk batuan yang berstruktur atau lunak.

Tabel 2.5 Bobot isi Bahan Peledak

| Bahan Peledak                   | Bobot Isi (ton/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ANFO lepas                      | 0,75 – 0,85                     |
| ANFO pneumatik                  | 0,80 – 1,10                     |
| ANFO BI rendah                  | 0,2 – 0,75                      |
| Emulsi                          | 1,1 – 1,3                       |
| Campuran emulsi                 | 1,0 – 1,35                      |
| <i>Watergels &amp; Slurries</i> | 1,0 – 1,3                       |

Sumber : Scott, 1996

#### B. Sensitifitas

Sensitifitas adalah sifat yang menunjukkan tingkat kemudahan inisiasi bahan peledak atau ukuran minimal booster yang diperlukan. Sifat sensitive bahan peledak tergantung pada komposisi bahan kimia peledak, diameter, temperature dan tekanan ambient. Untuk menguji sensitifitas bahan peledak dapat digunakan cara yang sederhana yang disebut *air gap test*.

Sebagai contoh, bahan peledak ANFO tidak *sensitive* terhadap detonator No. 8, untuk meledakkan ANFO diperlukan *primer* (yaitu *booster* yang sudah dilengkapi detonator No. 8

atau *detonating cord* 10 gr/m) di dalam lubang ledak. Oleh sebab itu, ANFO disebut bahan peledak peka (*sensitive*) terhadap *primer* atau “peka *primer*”.

#### C. Ketahanan Terhadap Air (*Water Resistance*)

Ketahanan bahan peledak terhadap air adalah kemampuan suatu bahan peledak untuk melawan air disekitarnya tanpa kehilangan sensitifitas atau efisiensi. Suatu bahan peledak dikategorikan bahan peledak yang memiliki ketahanan terhadap air yang buruk atau “*poor*” apabila dapat larut dalam air dalam waktu yang pendek. Bahan peledak yang dikategorikan bahan peledak sangat baik atau “*excellent*” apabila bahan peledak tidak larut dalam air.

Contoh bahan peledak yang memiliki ketahanan terhadap air yang buruk adalah ANFO. Contoh bahan peledak yang memiliki ketahanan terhadap air yang sangat baik adalah bahan peledak jenis emulsi, *watergel* atau *slurries*, dan bahan peledak berbentuk *cartridge*. Apabila dalam lubang tembak terdapat air dan bahan peledak yang digunakan adalah ANFO, umumnya digunakan selubung plastik khusus untuk membungkus ANFO sebelum dimasukkan ke dalam lubang ledak.

#### D. Kestabilan Kimia (*Chemical Stability*)

Kestabilan kimia bahan peledak adalah kemampuan untuk tidak berubah secara kimia dan tetap mempertahankan

sensitifitas selama dalam penyimpanan dalam gudang dengan kondisi tertentu. Contoh bahan peledak yang tidak stabil adalah bahan peledak berbasis *nitrogliserin* atau *NG-based explosive*.

Faktor – faktor yang mempercepat ketidak-stabilan kimiawi antara lain panas, dingin, kelembaban, kualitas bahan baku, kontaminasi, pengepakan, dan fasilitas gudang bahan peledak. Tanda-tanda kerusakan bahan peledak dapat berupa kenampakan kristalisasi, penambahan

#### E. Karakteristik Gas (*Fumes Characteristics*)

Detonasi bahan peledak akan menghasilkan *fume* yaitu gas-gas baik yang tidak beracun (*non-toxic*) maupun yang mengandung racun (*toxic*). Gas hasil peledakan yang tidak beracun seperti uap air ( $H_2O$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ), dan nitrogen ( $N_2$ ). Gas hasil peledakan yang beracun antara lain nitrogen monoksida ( $NO$ ), nitrogen oksida ( $NO_2$ ), dan karbon monoksida ( $CO$ ). pada tambang bawah tanah gas-gas tersebut perlu mendapatkan perhatian khusus, yaitu dengan system ventilasi yang memadai. Pada tambang terbuka, kewaspadaan perlu ditingkatkan apabila gerakan angin rendah.

Dilapangan, gas beracun hasil peledakan sulit untuk dihindari akibat beberapa factor, antara lain:

- ❖ Pencampuran ramuan bahan peledak yang meliputi unsur oksida dan bahan bakar (*fuel*) tidak seimbang sehingga tidak mencapai *zero oxygen balance*.
- ❖ Letak *primer* yang tidak tepat.
- ❖ Kurang tertutup karena pemasangan *stemming* kurang padat dan kuat.
- ❖ Adanya air dalam lubang ledak.
- ❖ Sistem waktu tunda (*delay time system*) tidak tepat dan
- ❖ Kemungkinan adanya reaksi antara bahan peledak dengan batuan (*sulfide* atau *karbonat*).

*Fumes* hasil peledakan memperlihatkan warna yang berbeda yang dapat dilihat sesaat setelah peledakan terjadi, diantaranya:

- ❖ Gas cokelat-orange adalah *fume* dari gas NO hasil reaksi bahan peledak basah karena lubang ledak berair.
- ❖ Gas berwarna putih diduga kabut dari uap air ( $H_2O$ ) yang juga menandakan terlalu banyak air di dalam lubang ledak. Panas yang luar biasa merubah fase cair menjadi kabut.
- ❖ Warna kehitaman berkemungkinan dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna.

## 2. Karakter Detonasi Bahan Peledak

Karakter detonasi bahan peledak menggambarkan perilaku suatu bahan peledak ketika meledak untuk menghancurkan batuan.

### a. Kekuatan (Strength) Bahan Peledak

Kekuatan bahan peledak berkaitan dengan *energy* yang mampu dihasilkan oleh suatu bahan peledak. Kekuatan bahan peledak tergantung pada campuran kimiawi yang menghasilkan *energy* panas ketika terjadi inisiasi.

### b. Kecepatan Detonasi (*Detonation Velocity*)

Kecepatan detonasi disebut juga *velocity of detonation* (VoD) merupakan sifat bahan peledak yang sangat penting. Kecepatan detonasi diartikan sebagai laju rambatan gelombang detonasi sepanjang bahan peledak dengan satuan millimeter per sekon (m/s) atau feet per second (fps).

Kecepatan detonasi bahan peledak harus melebihi kecepatan suara massa batuan (*impedance matching*) sehingga menimbulkan *energy* kejut (*shock energy*) yang mampu memecahkan batuan. Untuk peledakan pada batuan keras dipakai bahan peledak yang mempunyai kecepatan detonasi tinggi (sifat *shattering effect*) dan pada

batuan lemah dipakai bahan peledak yang kecepatan detonasi rendah (sifat *heaving effect*).

Nilai kecepatan detonasi tergantung pada diameter, densitas, dan ukuran partikel bahan peledak. Bahan peledak komposit (*non-ideal*) tergantung pada derajat pengurungannya (*confinement degree*). Kecepatan detonasi tidak terkurung umumnya 70 – 80% kecepatan detonasi terkurung. Kecepatan detonasi bahan peledak komersil bervariasi antara 1500 – 8500 m/s atau sekitar 5000 – 25000 fps. Kecepatan detonasi ANFO antara 2500 – 4500 m/s, tergantung pada diameter lubang ledak.

c. Tekanan Detonasi (Detonation Pressure)

Tekanan detonasi adalah tekanan yang terjadi di sepanjang zona reaksi peledakan sehingga terbentuk reaksi kimia seimbang sampai ujung bahan peledak, yang disebut bidang *Chapman-Jouguet (C-J plane)* dan umumnya mempunyai satuan dalam MPa. Tekanan detonasi merupakan fungsi dari kecepatan detonasi dan densitas bahan peledak.

d. Tekanan Pada Lubang Ledak (*Borehole Pressure*)

Gas hasil detonasi bahan peledak akan memberikan tekanan terhadap dinding lubang ledak dan terus berekspansi menembus media untuk mencapai

keseimbangan. Keseimbangan tekanan gas tercapai setelah gas tersebut terbebaskan, yaitu ketika telah mencapai udara luar. Biasanya tekanan gas pada dinding lubang ledak sekitar 50% dari tekanan detonasi.

Volume dan laju kecepatan gas yang dihasilkan peledakan akan mengontrol tumpukan dan lemparan fragmen batuan. Makin besar tekanan pada dinding lubang ledak akan menghasilkan jarak lemparan tumpukan hasil peledakan semakin jauh.

### C. **Klasifikasi Bahan Peledak**

Bahan peledak diklasifikasikan berdasarkan sumber energinya menjadi bahan peledak mekanik, kimia dan nuklir. Karena pemakaian bahan peledak dari sumber kimia lebih luas dibanding dari sumber energi lainnya, maka pengklasifikasian bahan peledak kimia lebih intensif diperkenalkan. Pertimbangan pemakaiannya antara lain, harga relatif murah, penanganan teknis lebih mudah, lebih banyak variasi waktu tunda (*delay time*) dan dibanding nuklir tingkat bahayanya lebih rendah. Bahan peledak *permissible* dalam klasifikasi di atas perlu dikoreksi karena tidak semua merupakan bahan peledak lemah. Bahan peledak *permissible* digunakan khusus untuk membeaikan batubara ditambang batubara bawah tanah dan jenisnya adalah *blasting agent* yang tergolong bahan peledak kuat.

Berdasarkan kelasnya bahan peledak dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pemakaiannya

a. Bahan peledak militer (*bursting*)

Umumnya dipakai dalam operasi militer, misalnya untuk peperangan, melukai, membunuh (bom napalm, granat, dsb).

b. Bahan peledak komersial (*blasting*)

Bahan peledak ini dalam pemakaian industri pertambangan, konstruksi, dll.

Macam-macam bahan peledak komersial, yaitu:

- Dinamit, yang dikenal dengan nama "*Nitro Glycerine Based Explosives*", *Blasting Agents* (ANFO), "*Water Based Explosives*" (*slurry*, *Watergel*, *Emulsion Explosives*).
- Bahan peledak pembantu "*(Blasting Accessories)*" seperti Primer (*Booster*), Detonator, Sumbu Api, Sumbu Peledak, *MS Connector (Detonating Relay)*, *Igniter*, *Igniter Cord*, *Connector* dan sejenisnya. *Shaped Charges* seperti RDX, HMX, dan sejenisnya.

2. Berdasarkan kecepatan rambatnya

a. *High Explosive (high action explosive)*

Bahan peledak kuat berupa campuran ini banyak digunakan baik dalam bidang militer maupun sipil (komersial)

dengan tujuan sebagai penghancur. Tergolong bahan peledak kuat disini adalah : Amatol, Ammona, *Amonium Nitrat Fuel Oil* (ANFO), *Siklotol*, *Dinamit*, *Oktol*, *Pentolit*, *Pikratol*, *Torpeks*, *Tritoal*, Bom plastik.

b. *Low explosive* atau *blasting agent*

Umumnya berupa campuran antara fuel dengan *oxidizer system*, dimana tidak satu pun dapat diklasifikasikan sebagai bahan peledak.

3. Berdasarkan komposisinya

a. Bahan peledak tunggal

Bahan peledak senyawa tunggal yaitu bahan peledak yang terdiri dari satu senyawa. Bahan peledak senyawa murni (tunggal) disebut juga *primary explosive* dan termasuk bahan peledak kuat (*High Explosive*). Yang termasuk bahan peledak utama (*Primary Explosive*) adalah : *Mercury fulminat*, *Timbal azida*, *Sianurat triazia* (CTA), *Diazodinitrofenol* (DDNP), *Tetrasen*, *Heksametilendiamin peroksida* (HMTD), *Penta Erytritol Tetra Nitrat* (PETN), *Tri Nitro Toluen* (TNT).

b. Bahan peledak campuran

Bahan peledak yang terdiri dari berbagai senyawa tunggal. Bahan peledak campuran banyak digunakan karena memiliki keuntungan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan bahan

peledak tunggal. Contoh bahan peledak campuran yaitu *dinamit* (booster), *black powder*, *Ammonium Nitrate Fuel Oil* (ANFO).

4. Berdasarkan Kepekaannya

a. *Initiating explosive*

Bahan peledak yang mudah meledak karena adanya api, panas, benturan, dan gesekan, misalnya :  $PbN_6$ ,  $Hg(ONC)_2$ ,  $C_6H_2N_4O_5$  dan lain-lain. Bahan ini biasanya digunakan sebagai muatan primer dalam pemicu.

b. *Non Initiating explosive*

Peledak non inisiasi yaitu bahan peledak yang hanya meledak bilatelah dipicu oleh peledak pertama, misalnya ANFO dan *dinamit*.

### 2.3. Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah dari batuan hasil peledakan. Tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan sangat penting dalam menilai keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan, dimana material yang memiliki ukuran seragam lebih diharapkan dari pada material yang banyak berukuran bongkah. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau bongkah diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan target fragmentasi berukuran kecil. Tingkat fragmentasi yang kecil akan menambah produktivitas, mengurangi keausan dan kerusakan peralatan

sehingga menurunkan biaya pemuatan, pengangkutan, dan proses selanjutnya, dalam beberapa pekerjaan juga akan mengurangi *secondary blasting*. Beberapa ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak :

- a) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, maka dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat
- b) Penambahan bahan peledak akan menambah lemparan
- c) Batuan dengan intensitas tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil.

### 2.3.1. Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

Suatu batuan yang pecah akibat dari bahan peledak akan mengalami beberapa tingkat dalam prosesnya. Dimana proses tersebut dibagi menjadi 3 tingkat, yaitu :

- Proses pemecahan tingkat I

Ketika bahan peledak yang berada dalam lubang ledak meledak, maka akan menimbulkan tekanan yang tinggi di sekitar lubang ledak. Gelombang kejut yang dihasilkan dari peledakan tersebut akan merambat dengan kecepatan 3000-5000 m/s sehingga akan mengakibatkan tegangan yang memiliki arah tegak lurus

dengan dinding lubang ledak. Dari tegangan tersebut maka akan menimbulkan rekahan radial yang merambat di sekitar lubang tembak. Rekahan pertama terjadi dalam waktu 1 – 2 ms.

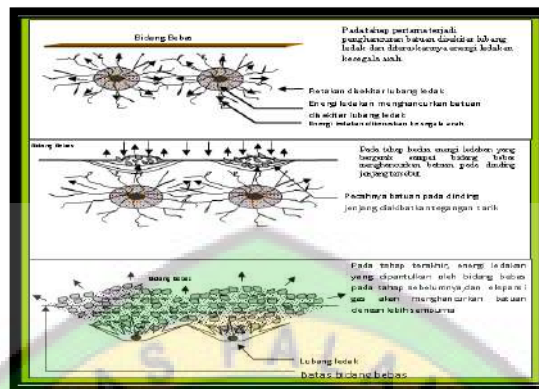
- Proses pemecahan tingkat II

Tekanan yang dihasilkan dari proses pemecahan tingkat I akan menimbulkan gelombang kejut dan akan bernilai positif. Bila gelombang kejut tersebut akan mencapai bidang bebas maka akan dipantulkan kembali sehingga tekanan akan turun dan bernilai negatif kemudian akan merambat kembali ke dalam batuan. Suatu batuan akan memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap tekanan daripada tarikan, sehingga dari gelombang tarik tersebut akan menimbulkan suatu rekahan-rekahan di dalam batuan.

- Proses pemecahan tingkat III

Akibat tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan tersebut maka rekahan-rekahan yang telah terbentuk pada tingkat I dan II akan semakin cepat melebar. Apabila suatu masa batuan didepan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak ke depan maka tegangan tekan tinggi yang berada di dalam batuan akan dilepas. Efek dari terlepasnya batuan tersebut akan menimbulkan tegangan tarik tinggi sebagai kelanjutan dari proses tingkat II. Rekahan yang terbentuk akibat dari proses tingkat II akan

menyebabkan bidang-bidang lemah untuk memulai reaksi-reaksi fragmentasi utama ada proses peledakan.



Gambar 2.5 Proses Pecahnya batuan

### 2.3.2. Faktor yang mempengaruhi tingkat fragmentasi hasil peledakan

Dari aspek teknis terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi distribusi ukuran fragmentasi, yaitu karakteristik batuan, bahan peledak, dan geometri peledakan. Karakteristik batuan merupakan parameter yang tidak dapat dikendalikan, sedangkan bahan peledak, dan geometri peledakan adalah parameter yang dapat dikendalikan.

#### 1. Sifat fisik batuan

Sifat fisik batuan yang berpengaruh terhadap peledakan batuan antara lain densitas batuan dan porositas. Secara umum batuan yang mempunyai densitas yang rendah dapat lebih mudah mengalami deformasi dengan faktor energi yang lebih rendah, sedangkan batuan yang mempunyai densitas lebih tinggi memerlukan energi yang lebih tinggi untuk

mendapatkan hasil fragmentasi yang memuaskan (Hagan, 1977).

Pada massa batuan yang mempunyai densitas yang tinggi, ada beberapa cara untuk memastikan energi peledakan yang sedang berlangsung cukup untuk menghancurkan batuan:

- a. Menambah diameter lubang ledak, agar tekanan yang terjadi pada lubang ledak dapat ditingkatkan dengan adanya penambahan bahan peledak.
- b. Mengubah geometri peledakan.
- c. memilih material *stemming* yang cocok, agar energi peledakan dapat terdistribusi pada massa batuan secara sempurna

## **2. Kekuatan Batuan**

Kekuatan batuan adalah sifat mekanik dari batuan, yaitu kemampuan batuan untuk mempertahankan diri terhadap tekanan maupun tarikan. Kekuatan batuan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi peledakan karena semakin besar kekuatan batuan, maka untuk memecahkan atau membongkar batuan tersebut juga akan membutuhkan tekanan yang besar pula, dalam hal ini harus disesuaikan dengan jenis bahan peledak yang akan digunakan.

Kuat tekan dan kuat tarik merupakan parameter awal untuk menentukan suatu proses peledakan. sifat kuat tekan dan kuat tarik batuan sangat penting dalam penggolongan mudah tidaknya batuan untuk dibongkar. Semakin tinggi nilai dari kuat tekan dan kuat tarik dari batuan, maka batuan tersebut akan semakin susah untuk dihancurkan.

Kuat tarik akan berpengaruh terhadap kekuatan bahan peledak yang digunakan untuk memecahkan batuan. Batuan akan hancur atau lepas dari batuan induknya apabila bahan peledak yang digunakan memiliki kuat tekan yang lebih besar dari pada kuat tarik batuan itu sendiri. Batuan yang memiliki kuat tarik rendah akan lebih mudah hancur dari pada batuan yang memiliki kuat tarik yang besar. Nilai kuat tarik suatu batuan di lapangan lebih rendah dari pada kuat tekannya, oleh karena itu retakan-retakan yang terjadi pada massa batuan akibat proses peledakan yang sedang berlangsung lebih banyak disebabkan oleh tegangan tarik yang dihasilkan dari proses peledakan.

Tabel 2.6 Klasifikasi Kuat Tekan Batuan

| Pemerian     | UCS (MPa) |
|--------------|-----------|
| Sangat Lemah | 1-25      |
| Lemah        | 25-50     |
| Sedang       | 50-100    |
| Kuat         | 100-200   |
| Sangat Kuat  | >200      |

Sumber : Bienewski, 1989

Tabel 2.7 Klasifikasi Kuat Tarik Batuan

| Pemerian                         | UTS (MPa) |
|----------------------------------|-----------|
| Sangat keras dan plastik         | 6-7       |
| Keras dan plastic                | 7-8       |
| <i>Brittle</i>                   | 8-12      |
| <i>Brittle</i> dan tidak plastik | 12-15     |
| Sangat <i>brittle</i>            | 15-20     |

Sumber : Suseno Kramadibrata, 1997

Kuat tekan uniaksial batuan merupakan ukuran kemampuan batuan untuk menahan beban atau gaya yang bekerja pada arah uniaksial. Ada kriteria nilai untuk menentukan suatu metode pembongkaran.

Tabel 2.8 Klasifikasi Umum Jenis Penggalan Untuk Suatu Massa Batuan

Berdasarkan UCS

| Metoda              | UCS (MPa) | Alat                       |
|---------------------|-----------|----------------------------|
| <i>Free digging</i> | 1 – 10    | <i>Shovel, Loader, BWE</i> |
| <i>Ripping</i>      | 10 – 25   | <i>Ripper</i>              |
| <i>Rock Cutting</i> | 10 – 50   | <i>Rock cutter</i>         |
| <i>Blasting</i>     | > 25      | Pengeboran dan peledakan   |

Sumber : Suseno Kramadibrata, 1997

### 3. Kekerasan Batuan

Semakin tinggi tingkat kekerasan suatu batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut untuk dihancurkan sehingga akan membutuhkan energi peledakan yang lebih tinggi untuk memperoleh hasil peledakan yang maksimal atau bahan peledak yang digunakan untuk menghancurkan batuan tersebut lebih banyak.

Tabel 2.9 Hubungan antara UCS dengan Kekerasan Batuan

| Kekerasan               | Mohs    | Mpa       |
|-------------------------|---------|-----------|
| <i>Very strong</i>      | 7       | >200      |
| <i>Strong</i>           | 6– 7    | 120 – 200 |
| <i>Moderatly strong</i> | 4,5 – 6 | 60 – 120  |
| <i>Moderatly weak</i>   | 3– 4.5  | 30 – 60   |
| <i>Weak</i>             | 2– 3    | 10 – 30   |
| <i>Very weak</i>        | 1- 2    | <10       |

Sumber : Djordjevic N, Cocker A, Scott A, 1980

Kekerasan dapat dipakai dalam menyatakan besarnya tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan. *Mohs test* digunakan untuk menentukan urutan kekerasan berbagai jenis mineral yang dinyatakan dalam kekerasan relatif suatu mineral terhadap yang lain. Dalam skala *Mohs* suatu mineral akan dapat menggores semua mineral yang mempunyai urutan kekerasan yang lebih rendah dari mineral tersebut.

Tabel 2.10 Kekerasan Mineral menurut Mohs

| Mineral    | Kekerasan |
|------------|-----------|
| Talc       | 1         |
| Gypsum     | 2         |
| Kalsit     | 3         |
| Flourit    | 4         |
| Apatit     | 5         |
| K-Feldspar | 6         |
| Kuarsa     | 7         |
| Topaz      | 8         |
| Korundum   | 9         |
| Intan      | 10        |

Sumber : Mohs, 1812

#### 4. Elastisitas Batuan dan Kecepatan Perambatan Gelombang

Elastisitas batuan adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut dihilangkan. Secara umum batuan dapat dihancurkan apabila mengalami regangan yang melewati batas elastisitasnya.

Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Uji lapangan telah menunjukkan batuan yang keras mempunyai kecepatan perambatan gelombang yang tinggi, secara teoritis batuan yang memiliki kecepatan gelombang

yang tinggi akan hancur apabila diledakkan dengan bahan peledak yang memiliki kecepatan detonasi yang tinggi (VOD). Sebaliknya, batuan dengan kecepatan perambatan gelombang rendah dapat hancur oleh bahan peledak dengan kecepatan detonasi yang rendah (VOD).

## 5. Struktur Geologi

Struktur geologi yang berpengaruh pada kegiatan peledakan adalah struktur rekahan (kekar) dan struktur perlapisan batuan.

Kekar merupakan rekahan-rekahan dalam batuan yang terjadi akibat tekanan atau tarikan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dalam kerak bumi. Adanya rekahan akan mengurangi kekuatan batuan.

- **Deskripsi Massa Batuan (Rock Mass Description/RMD)**

RMD merupakan penggambaran umum kondisi massa batuan apakah *friable*, *blocky* atau *massive*. Penentuannya menggunakan klasifikasi Terzaghi (1946) seperti yang terlihat dibawah :

Tabel 2.11

## Klasifikasi Pembobotan Batuan

| Kondisi batuan                       | <i>RQD</i> (%) | <i>RMD</i>                       |
|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|
| <i>Hard and intact</i>               | 95 – 100       | <i>Massive</i>                   |
| <i>Hard stratified or schistose</i>  | 90 – 99        |                                  |
| <i>Massive moderately jointed</i>    | 85 – 95        |                                  |
| <i>Moderately blocky and seamy</i>   | 75 – 85        | <i>Vertically jointed/Blocky</i> |
| <i>Very blocky and seamy</i>         | 30 – 75        |                                  |
| <i>Crushed but chemically intact</i> | 3 – 30         | <i>Powdery/friable</i>           |
| <i>Sand and gravel</i>               | 0 – 3          |                                  |

Sumber : Terzaghi, 1946

- **Joint Plane Spacing (JPS)**

*Joint plane spacing* atau jarak antar bidang diskontinu adalah jarak tegak lurus antar dua bidang diskontinu yang berurutan. Semakin jauh jarak antar bidang diskontinu batuan dapat dikatakan memiliki perlapisan yang sangat tebal atau massa batuan dapat dikatakan *masif*. Sedangkan bila jarak antar bidang diskontinu kecil, maka batuan dapat dikatakan terdiri dari laminasi tipis (*sedimentasi*).

Tabel 2.12 Klasifikasi Spasi Kekar

| Pemeraian    | Spasi Kekar | Keterangan          |
|--------------|-------------|---------------------|
| Sangat Lebar | >3 m        | Padat               |
| Lebar        | 1-3 m       | Massif              |
| Cukup Dekat  | 0.3–1m      | <i>Blocky/seamy</i> |
| Dekat        | 50-300mm    | Terpecah            |
| Sangat Dekat | <50mm       | Hancur/tersebar     |

Sumber : Suseno Kramadibrata, 1997

- **Joint Plane Orientation (JPO)**

*Joint Plane Orientation* atau orientasi bidang lemah pada umumnya digambarkan dalam *strike* dan *dip*. Secara geometris, *strike* dinyatakan sebagai garis hasil perpotongan antara bidang miring (perlapisan batuan, bidang sesar) dengan bidang horizontal yang memiliki arah, dinyatakan sebagai besaran sudut, diukur dari Utara atau Selatan. Kemiringan adalah besaran sudut yang terbentuk oleh bidang miring dengan horizontal.

### 2.3.3. Perkiraan Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Berdasarkan Model Kuz-Ram

Untuk memperkirakan fragmentasi batuan hasil peledakan dapat digunakan rumusan yang dikemukakan oleh Kuznetsov (1973) :

$$X = A(V/Q)^{0,8} \times Q^{0,17} \times (E/115)^{0,63}$$

Keterangan :

$X$  = Ukuran rata – rata fragmentasi batuan (cm)

$A$  = Faktor batuan

- 1 untuk batuan yang sangat rapuh
- 7 untuk batuan yang agak kompak
- 10 untuk batuan kompak dengan sisipan yang rapat
- 13 untuk batuan kompak dengan sedikit sisipan.

V = Volume batuan yang terbongkar (m<sup>3</sup>)

Q = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

E = Relatif Weight Strength (ANFO = 100)

Tabel 2.13 Bobot Nilai Tiap Parameter Dalam Penentuan *Blastibility Index* (BI)  
Menurut Lilly, 1986

| <i>Parameters</i>                          | <i>Rating</i>                            |
|--|--|
| <b>1. Rock Mass Description (RMD)</b>      |  |
| 1.1. <i>Powdery / Friable</i>              | 10                                       |
| 1.2. <i>Blocky</i>                         | 20                                       |
| 1.3. <i>Totally massive</i>                | 50                                       |
| <b>2. Joint Plane Spacing (JPS)</b>        |  |
| 2.1. <i>Close (&lt; 0,1 m)</i>             | 10                                       |
| 2.2. <i>Intermediate (0,1 – 1 m)</i>       | 20                                       |
| 2.3. <i>Wide (&gt; 1 m)</i>                | 50                                       |
| <b>3. Joint Plane Orientation (JPO)</b>    |  |
| 3.1. <i>Horizontal</i>                     | 10                                       |
| 3.2. <i>Dip Out of Face</i>                | 20                                       |
| 3.3. <i>Strike Normal to Face</i>          | 30                                       |
| 3.4. <i>Dip into Face</i>                  | 40                                       |
| <b>4. Specific Gravity Influence (SGI)</b> | SGI = 25 x SG – 50 (ton/m <sup>3</sup> ) |
| <b>5. Hardness (H)</b>                     | 1 – 10                                   |

Sumber : Hustrulid, 1999

Hubungan antara kelima parameter tersebut dengan indeks kemampuledakan tertera dalam persamaan berikut :

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

Maka, Faktor Batuan (A) = BI x 0,12

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

$$n = \left( 2,2 - 14 \frac{B}{D_e} \right) \times \left( 1 - \frac{W}{B} \right) \times \left( 1 + \frac{A}{2} \right) \times \left( \frac{PC}{L} \right)$$

(Sumber : Cuninggham, 1987)

Keterangan :

B = Burden (m)

D<sub>e</sub> = Diameter lubang (mm)

W = Standar deviasi Pengeboran (m)

A = Ratio spasi/burden

L = Tinggi jenjang (m)

PC = Panjang Isian Bahan Peledak (m)

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

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

Distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan persamaan

Rossin-Rammler, yaitu :

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

Dimana :

X = Ukuran ayakan (cm)

X<sub>c</sub> = Karakteristik ukuran (cm)

$n$  = Indeks keseragaman

$e$  = 2,71828

#### 2.3.4. Analisa Fragmentasi menggunakan *Split Desktop*

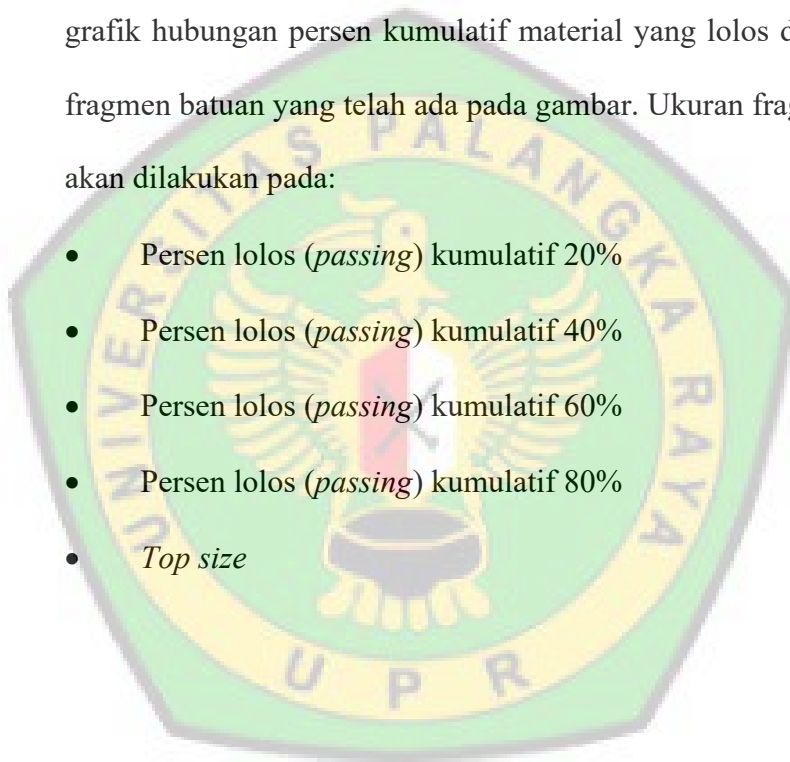
Biasanya dalam pengaplikasian secara nyata dari fragmentasi batuan hasil peledakan dapat diketahui dan diukur dengan sebuah software berupa software *split desktop*. Program *Split Desktop* merupakan program yang berfungsi untuk menganalisa ukuran fragmen batuan yang dikembangkan oleh Universitas Arizona, Amerika Serikat. Pada Penelitian ini program *Split Desktop* digunakan untuk membantu menganalisis gambar fragmen material hasil peledakan, hasilnya berupa grafik persentase-persentase lolos material dan ukuran fragmen rata-rata yang dihasilkan dalam suatu peledakan.

*Split Desktop* merupakan program pemrosesan gambar (*image analysis*) untuk menentukan distribusi ukuran-ukuran dari fragmen batuan pada proses penghancuran batuan yang terjadi pada proses penambangan. Program *Split Desktop* dijalankan oleh *engineer* tambang atau teknisi di lokasi tambang dengan mengambil input data berupa foto digital fragmentasi.

*Split desktop* merupakan suatu program komputer untuk mengukur distribusi fragmentasi hasil peledakan. Program ini dirancang untuk menentukan ukuran distribusi fragmentasi batuan berdasarkan analisis gambar digital yang diambil dari hasil peledakan

di lapangan. Berdasarkan data-data gambar digital yang didapat di lapangan, program ini dapat melakukan penggambaran pada batas-batas (*split*) batuan yang terkumpul banyak secara otomatis. Setelah dilakukan pengeditan, dari hasil penggambaran tersebut kemudian dianalisis ukuran (*compute size*) untuk menghasilkan suatu *output* berupa informasi distribusi fragmentasi yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran fragmen batuan yang telah ada pada gambar. Ukuran fragmentasi (cm) akan dilakukan pada:

- Persen lolos (*passing*) kumulatif 20%
- Persen lolos (*passing*) kumulatif 40%
- Persen lolos (*passing*) kumulatif 60%
- Persen lolos (*passing*) kumulatif 80%
- *Top size*



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

##### 3.1.1. Sejarah Singkat Perusahaan

Kegiatan pertambangan di Martabe dimulai pada tahun 1980-an ketika *British Geological Survey* (BGS) melakukan penelitian di daerah Sumatera termasuk Martabe. Pada tahun 1993, *Normandy Anglo Asia Limited (NAAL)* melalui *PT Danau Toba Mining (PTDTM)* mengajukan izin kontrak karya (*contract of work*) generasi keenam dan tahun pada 1994 dilakukan eksplorasi emas hingga ditemukan contoh kandungan emas pada tahun 1996 di Sungai Aek Pahu. Pada tahun 2002, PT DTM berubah nama menjadi PT Horas Nauli (PTHN) dan diambil alih oleh Newmont pada tahun 2003 dan berubah nama lagi menjadi PT Newmont Horas Nauli (PTNHN). Selanjutnya pada tahun 2006, PT NHN diambil alih oleh Agincourt Resources menjadi PT Agincourt Resources (PTAR).

Pada awal 2007, perusahaan *Oxiana Limited* menjadi pemilik dari proyek tambang ini setelah mengakuisisi dari PTAR. Berdasarkan hasil studi kelayakan (*feasibility study*) yang telah dilakukan, pemilik *Oxiana* menyetujui untuk pengembangan proyek tambang emas dan perak ini pada Desember 2007 dan selanjutnya perizinan dari pemerintah Indonesia diterima pada bulan April 2008. Pada Juni

2008, *Oxiana* melakukan *merger* dengan *Zinifex* dan berubah nama menjadi *OZ Minerals*, yang memulai konstruksi di tambang dengan biaya estimasi USD 285 juta. Dan pada bulan Mei 2009, proyek di Martabe ini diakuisisi oleh G-Resources sekitar USD 200 juta dari *OZ Minerals*. Namun dalam keberjalanan tambang hingga saat ini, Tambang Emas Martabe dikelola oleh PTAR yang merupakan anak perusahaan dari G-Resources Group Limited. Hal ini dikarenakan PTAR telah terdaftar sebagai perusahaan tambang yang ada di Indonesia.

G-Resources Group Limited merupakan sebuah perusahaan tambang emas dari Asia yang berbasis dan terdaftar di Hong Kong. Saat ini aset utama perusahaan yaitu Tambang Emas Martabe yang memiliki luas wilayah 1.639 km<sup>2</sup> di bawah Kontrak Karya (*Contract of Work*) generasi keenam yang ditandatangani pada April 1997. Perusahaan yang mengusung nilai GREAT (*growth, respect, excellence, action, transparency*) itu kini telah memiliki sumberdaya 8,05 juta oz emas dan 77 juta oz perak dengan kapasitas per tahun sebesar 250.000 oz emas dan 2-3 juta oz perak berbiaya rendah

Pemegang saham Tambang Emas Martabe adalah G-Resources Group Limited sebesar 95 persen, dan pemegang 5 persen saham lainnya adalah PT Artha Nugraha Agung, yang 70 persen sahamnya dimiliki Pemerintah Kabupaten Tapanuli Selatan dan 30 persen dimiliki oleh Pemerintah Provinsi Sumatra Utara.

### 3.1.2. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Tambang Emas Martabe terletak di Desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Topografi daerah ini beragam dari tanah datar, daerah perbukitan, hingga daerah pegunungan. Letak geografis tambang emas martabe adalah  $04^{\circ} 21' 08''$  LU –  $1^{\circ} 54'$  LU dan  $98^{\circ} 54' 72''$  BT -  $99^{\circ} 24' 180''$  BT. Berikut adalah batas – batas wilayah tambang PT.Agincourt Resources.

- Sebelah Utara : Kecamatan Lumut
- Sebelah Selatan : Kecamatan Padangsidempuan Barat
- Sebelah Timur : Kecamatan Marancar, Padangsidempuan Barat dan Sipirok
- Sebelah Barat : Kecamatan Lumut (Kabupaten Tapanuli Tengah)

Perjalanan dimulai dari Universitas Palangka Raya menuju Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya, Kalimantan Tengah dengan menggunakan mobil dengan jarak perjalanan kurang lebih 14.3 Km dan waktu tempuh kurang lebih 30 menit.

Kemudian berangkat dari Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya, Kalimantan Tengah menuju Bandar Udara Soekarno-Hatta Tangerang, Banten menggunakan Pesawat Terbang kurang lebih 1 jam 30 menit. Kemudian berangkat dari Bandar Udara Soekarto-Hatta

Tangerang, Banten menuju Bandar Udara Dr.Ferdinand Lumban Tobing Pinang Sori, Sumatera Utara menggunakan Pesawat Terbang kurang lebih 1 jam 55 menit.

Dari Bandar Udara Dr.Ferdinand Lumban Tobing Pinang Sori, Sumatera Utara menuju ke *Site* PT.Agincourt Resources Martabe Gold Mine menempuh jarak kurang lebih 28 km dengan waktu tempuh kurang lebih 50 menit dengan menggunakan mobil sebagai alat transportasi (Lampiran A)

### **3.2. Kondisi Geologi**

#### **3.2.1. Kondisi Geologi Regional**

##### **3.2.1.1. Fisiografi**

Lokasi Izin Usaha Pertambangan PT.Agincourt Resources Martabe Gold Mine memiliki lokasi seluas 6.617 km<sup>2</sup> yang terletak di provinsi Sumatera Utara. Lokasi daerah terletak di antara 1° dan 2° utara khatulistiwa dan mengalami iklim tropis khas basah, dengan curah hujan rata-rata 25,46 mm / hari selama November sampai Desember. Proyek Martabe memiliki ketinggian lebih disbanding kan daerah lain berdasarkan Peta Geologi Lembar Daerah Padangsidempuan-Sibolga

##### **3.2.1.2. Statigrafi Regional**

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Daerah Padangsidempuan-Sibolga letak PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine memiliki susunan stratigrafi sebagai berikut :

1. Put (Kelompok Tapanuli tak Terpisahkan)

Kelompok Tapanuli telah mengalami proses metamorfosa regional dan kontak, sehingga seluruh litologi telah termalihkan, yaitu batusabak, argilit, sekis hijau, amfibolit, filit, batugamping marmeran dan kuarsit.

2. Qpto

Formasi Gunung Api Toru terdiri dari Aglomerat andesitik.

3. Qvt

TUFA TOBA terdiri dari tufa riadasit sebagian terlaskan

4. Tmvak

Formasi Gunung Api Angkola terdiri dari andesit, aglomerat dan breksi

5. Qh (Endapan Alluvial Muda)

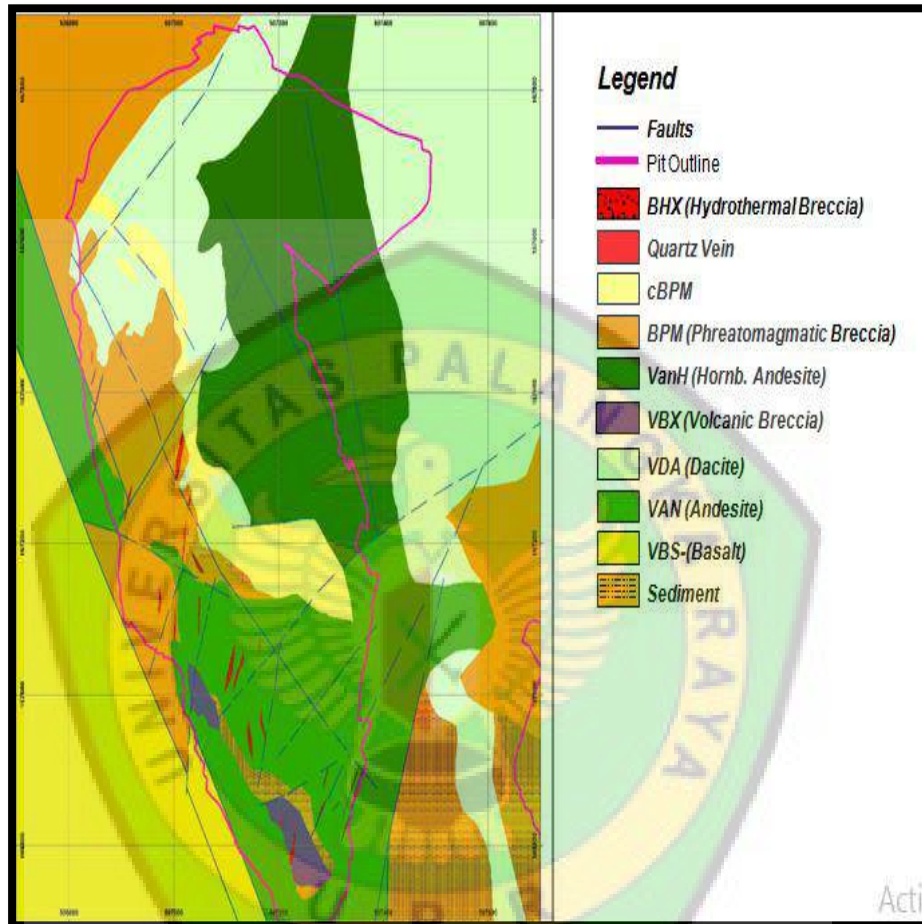
Formasi paling muda adalah Endapan Aluvium (Qh), yang terdiri aluvium sungai, rawa dan pantai berupa lumpur, lempung, pasir, kerikil, dan kerakal yang belum terkompaksi.

### 3.2.1.3. Struktur Geologi Regional

Secara regional wilayah PT Agincourt Resource Martabe Gold Mine masuk kedalam lembar Padang Sidempuan –Sibolga. Struktur geologi yang dijumpai didaerah Lembar Padang Sidempuan –Sibolga adalah struktur sesar, antiklin, sinklin dan kelurusan kelurusan. Secara umum struktur tersebut beararah

tenggara-baratlaut. Baik sumbu antiklin maupun sumbu sinklin telah mengalami pensesaran dengan arah timur laut-barat daya.

### 3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian



Sumber : Mine Geology Departement, PT. Agincourt Resources

Gambar 3.1 Gambar peta Geologi Lokasi PT. Agincourt Resources

#### 3.2.2.1 Morfologi Daerah Penelitian

Morfologi daerah PT. Agincourt Resources didominasi oleh daerah pegunungan dengan ketinggian rata-rata untuk lokasi *Pit* adalah 450 m dpl – 600 m dpl. Daerah didominasi oleh hutan hujan tropis lebat yang memiliki beberapa sungai disekitar lokasi. Sungai

besar yang berada disekitar lokasi penelitian adalah sungai aek pining dan sungai batang toru.

### 3.2.2.2 Statigrafi / Litologi Daerah Penelitian

#### Stratigrafi

Martabe berada di bagian barat daerah bukit barisan, dan bagian selatannya menuju arah bukit barisan. Area ini terdiri dari unit sedimen volkanik era Tersier dan berbatasan dengan kontak struktur batuan basement pre-tercier Intrusi dioritik hingga granitik terjasi sejak Permian-Triasik, eosin dan umur miosen

#### ➤ Batuan pretercier :

- Metasedimen dari grup tapanuli membentuk basement daerah CoW; terekspose dengan baik di bagian utara CoW
- Unit sedimen mesozoik dari group Woyla muncul di bagian selatan dan bagian selatan dari CoW : *greenschist, slate, meta-graywacke, metalimestone, phyllite* dan sebagian kecil *meta-volcanic*

#### ➤ Batuan terciar :

- *Sandstone, siltstone, conglo dab carbounaceous mudstones* yang berumur Oligo akhir hingga Miosen tengah dari Formasi Barus.; Formasi ini terdiri dari endapan hasil pembentukan proses non marin.
- Awal hingga akhir Miosen terdiri dari formasi. Formasi angkola volkanik yg tersebar di area CoW dan terdiri dari

andesite plagioclase, aliran andesit basaltik, breksia volk dan aglomareat

- Endapan kurter
- Relatif tersebar dan utamanya terdiri dari material pesisir dan sungai. A\sediment aluvium Pleistosen dan endapan danau sebagai isian graben dan endapan kipas yg umum terjadi pada scarps yg dikontrol oleh sesar.
- Endapan kuarter lenih muda berupa volkanik yg terbentuk oleh erupsi tufa Toba, dengan erupso antara 75000 – 840000 thn lalu.

Lithologi yang dijumpai di sekitar Purnama pit dari batuan tertua hingga termuda adalah :

- Batuan *siltstone – mudstone*
- *Basaltic Andesite* (VBS)
- *Volc. Andesit* (VAN)
- *Volc. Dacite* (VDA)
- *Volc. Andesite h* (VANh),
- BPM & cBPM, *Quartz Vein*
- BHX (*Hydrothe. Bx*).

Batuan sedimen dijumpai di bagian selatan timur dan batuan *basaltic andesite* berada di bgn barat Purnama yang juga dibatasi oleh sesar Purnama yg bearah NW

Selanjutnya batuan VAN umum dijumpai di bagian selatan hingga bagian tengah dari punggung Purnama, serta bagian utara purnama deposit.

Batuan VDA dan VANh yang merupakan bagian dari kompleks *dome* tersebar di bagian barat dan utara purnama deposit. Tetap dipisahkan karena kehadiran mineral hornblende yang dijumpai pada batuan VANh, serta alterasi propilitik yang dijumpai pada batuan tersebut.

Selanjutnya batuan BPM dan cBPM dijumpai di bagian tengah daerah Purnama.

Batuan BHx dan minor QVn dijumpai di bagian tengah Purnama dan berasosiasi dengan struktur berarah NE dan NW.

### 3.2.2.3. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Batuan pre-Tersier, khususnya sedimen grup Woyla di bagian selatan CoW, terdeformasi secara lokal dengan adanya pengembangan tektonik sepanjang zona struktur berarah *North West*. Grup tapanuli setidaknya mengalami 2 periode tektonisme; yg pertama di zaman Permian dan yg kedua kemungkinan Tersier.

Topografi di CoW dikontrol oleh berbagai arah North West – South East yg mengikuti pola SFS; SFS mulai aktif sejak epoch oligosen, bagaimanapun berbagai segment darinya diperkirakan menjadikan adanya reaktivasi zona-zona pergerakan berarah NW.

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode penarikan sampel yang digunakan dalam kegiatan Skripsi ini adalah :

#### 1. Metode Observasi

Metode observasi dilakukan untuk melakukan pengumpulan data dengan cara melakukan analisis langsung di lapangan, mengenai kegiatan peledakan yang diterapkan di lapangan dengan memperhatikan metode yang digunakan, geometrinya, jenis bahan peledak dan isinya

#### 2. Metode Literatur

Metode Literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang menunjang dan dianggap relevan dan berhubungan dengan permasalahan yang diangkat dan dibahas dalam penelitian ini, baik berupa data yang diberikan pihak perusahaan, maupun hasil penelitian di lapangan yang dilaksanakan.

#### 3. Metode Wawancara

Metode wawancara dilakukan langsung dengan instruktur/pembimbing lapangan serta orang-orang yang ahli di bidangnya. Metode ini juga sama dengan metode penarikan sampel dengan *purposive sample*. *Purposive sample* yaitu teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu. Pertimbangan tertentu ini dilakukan misalnya dengan cara menanyakan langsung kepada orang yang ahli dalam penelitian tersebut.

### 3.4. Jenis Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis data yaitu:

a. Data Primer

1. Geometri aktual, seperti burden, spasi, *stemming*, *Powder Factor* dan lain-lain.
2. Foto/ Video Dokumentasi kegiatan peledakan di lokasi penelitian
3. Foto hasil simulasi, berupa fragmentasi hasil peledakan.

b. Data Sekunder (data pendukung dari data primer)

1. Curah hujan
2. *Blast report*
3. Peta kondisi geologi regional, Peta Lokasi Penelitian dan Peta kondisi geologi daerah penelitian
4. Data deskripsi dan karakteristik massa batuan
5. Spesifikasi Bahan Peledak yang dipakai pada perusahaan
6. Target Fragmentasi yang disesuaikan pada perusahaan

### 3.5. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode Kuantitatif, dan Deskriptif Kualitatif. Metode kuantitatif yaitu data yang dianalisis berupa angka-angka. Sedangkan metode Deskriptif Kualitatif

yaitu menganalisis data-data yang ada dengan menggunakan deskripsi kata-kata dan juga gambar.

### 3.6. Langkah Kerja Penelitian

Adapun rencana langkah kerja penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Mengambil data Geometri Peledakan yang diterapkan pada perusahaan
2. Mengambil foto hasil peledakan berupa fragmentasi.
3. Menganalisis fragmentasi yang didapatkan dari geometri peledakan yang diterapkan perusahaan menggunakan kuz-ram dan *split desktop*.
4. Membuat suatu geometri peledakan yang baru berdasarkan teori sebagai perbandingan dengan geometri yang ada di perusahaan
5. Menganalisis fragmentasi geometri teori berdasarkan hasil simulasi yang dihitung menggunakan teori kuz-ram
6. Membandingkan tingkat ketercapaian fragmentasi hasil geometri aktual dilapangan dengan fragmentasi hasil geometri teori CJ Konya.
7. Membuat geometri rekomendasi yang optimal untuk mendapatkan fragmentasi yang baik.

### 3.7. Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan selama Skripsi ini antara lain :

1. Kamera
2. Buku tulis

3. Alat tulis
4. Kalkulator/Alat hitung
5. Meteran
6. Alat Pelindung Diri (APD)
7. Perlengkapan pendukung lainnya dalam penelitian ini

### **3.8. Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.8.1. Tempat Penelitian**

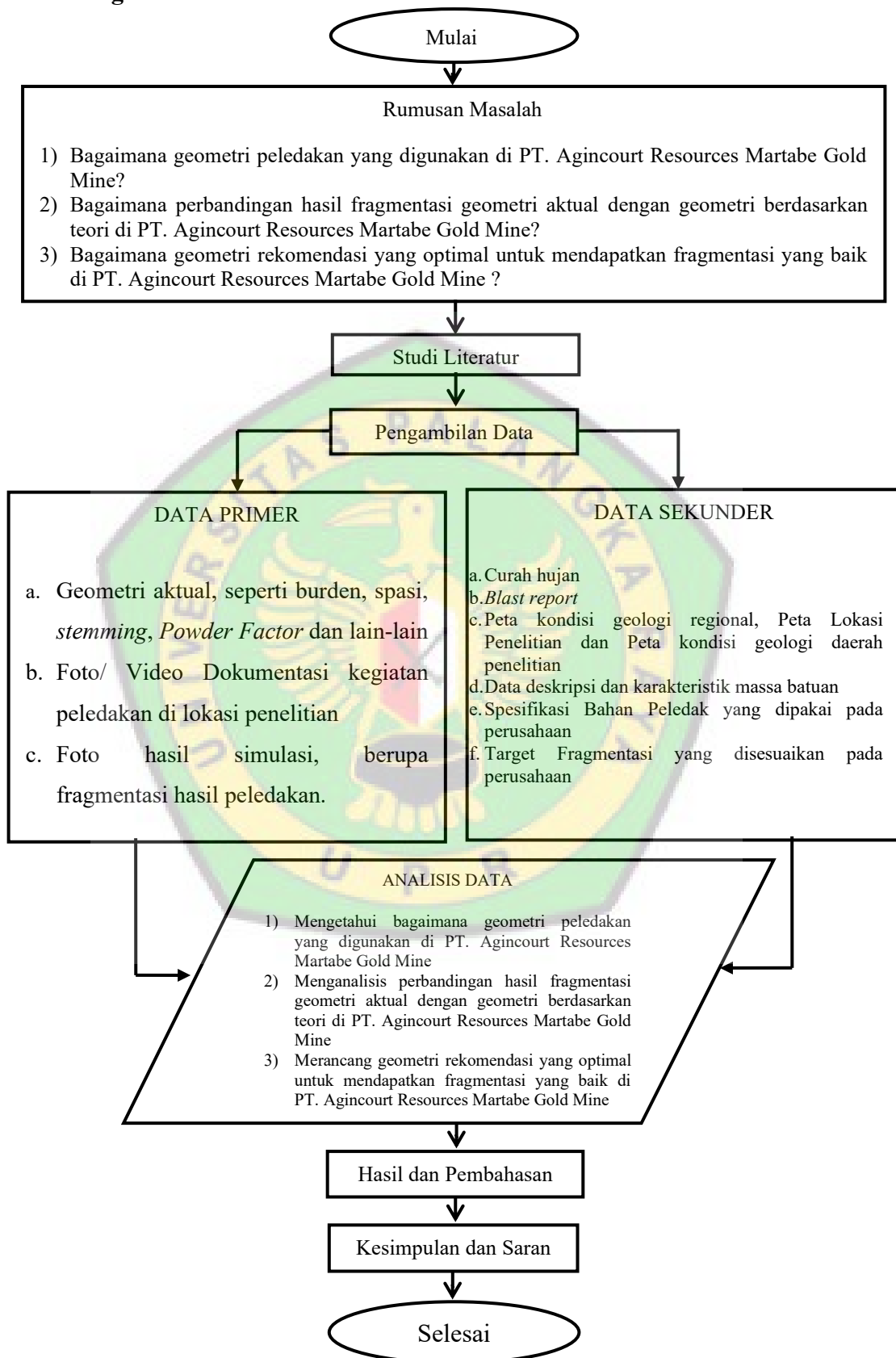
Adapun tempat pelaksanaan Skripsi ini adalah pada PT. Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara.

#### **3.8.2. Waktu Penelitian**

Waktu pelaksanaan kegiatan Skripsi dilapangan adalah selama satu bulan lebih dari **01 November sampai 10 Desember 2017**. Sedangkan rincian kegiatan penelitian secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



### 3.9. Bagan Alir



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada kegiatan peledakan di PT. Agincourt Resources, maka penulis dapat menarik kesimpulan :

1. Penentuan rancangan geometri aktual dari pengembangan peledakan-peledakan sebelumnya dan berdasarkan zona lokasi peledakan. Jika berada pada zona 1 ukuran burden dan spasi adalah 2,6 m x 3 m dan zona 2 ukuran burden dan spasi adalah 2,8 m x 3,2 m. Untuk nilai *stemming* (T), Kolom isian (PC), *subdrilling* (J), dan kedalaman (H) merupakan rata-rata dari semua lubang yang ada. Sedangkan geometri CJ Konya memiliki ukuran geometri yang lebih lebar dibandingkan dengan geometri aktual.
2. Berdasarkan grafik perbandingan hasil fragmentasi *split desktop* dari geometri aktual, fragmentasi kuz-ram dari geometri aktual dan fragmentasi kuz-ram dari geometri CJ Konya didapatkan hasil bahwa geometri aktual memberikan hasil fragmentasi yang lebih baik daripada geometri CJ Konya, karena memang geometri aktual lebih rapat dibandingkan dengan geometri CJ Konya meskipun dengan kondisi geologi yang sama.
3. Pengoptimalan PF dirancang karena untuk lebih mendapatkan geometri yang lebih optimal dengan tetap memberikan hasil

fragmentasi yang baik. Adapun rancangan pengoptimalan adalah sebagai berikut

- Purnama\_365\_Z2\_010 (14 November 2017) dengan awal PF 1,06 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 91,3 % diubah menjadi PF 0,94 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 89,32%
- Purnama\_390\_Z1\_015 (26 November 2017) dengan awal PF 1,26 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 96,8 % diubah menjadi PF 0,97 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 85,82%
- Purnama\_375\_Z2\_011 (27 November 2017) dengan awal PF 0,89 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 79,3 % diubah menjadi PF 0,93 kg/m<sup>3</sup> dengan fragmentasi 80,89 %. Pada peledakan ini PF ditingkatkan karena persentase awal masih belum mencapai *passing* 80 %.

Rancangan geometri diatas dibuat berdasarkan beda litologi dan kedalaman. Oleh karena itu hanya 3 untuk mewakili peledakan yang sama dengan litologi dan kedalaman yang sama. Dari rancangan geometri dengan pengoptimalan PF tetap menghasilkan fragmentasi yang sesuai kriteria dan mampu mengurangi penggunaan bahan peledak di tiap peledakan.dan untuk yang PF meningkat dapat mendapatkan hasil persentase fragmentasi yang lebih baik.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pada kegiatan peledakan di PT. Agincourt Resources, penulis memberi saran yaitu :

1. Perlu lebih dipertimbangkan lagi nilai PF untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang lebih optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, Pendidikan Dan Pelatihan Juru Ledak Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian, pusat pendidikan dan pelatihan mineral dan batubara, bandung.
- Aryantoko, Galih, 2013, Kajian Fragmentasi Hasil Peledakan Di Tambang Bijih Tembaga Batu Hijau, PT. Newmont Nusa Tenggara, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Bienewski, 1989, *Engineering Rock Mass Clasification*, John Wiley & Sons, New York.
- Djordjevic N, Cocker A, Scott A, 1980, *Open Pit Blast Design*, Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, Australia.
- Handayani, Riski Lestari, 2015, Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Pada PT. Pamapersada Nusatara Site Adaro Provinsi Kalimantan Selatan, Universitas Muslim Indonesia, Makasar.
- Hertrijana, J., Jones, M., dkk, 2005, *Martabe High Sulphidation Gold Deposits North Sumatra, Indonesia*, PT Newmont Horas Nauli, Sumatera Utara, Indonesia.
- Hustrulid W.A.,1999, *Blasting Principles For Open Pit Mining*, A. A. Balkema, Rotterdam.
- Jimeno, C., Lopez, dkk, 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.

Koesnaryo, S., 2001, Rancangan Peledakan Batuan, Fakultas Tambang UPN “Veteran” Yogyakarta.

Koesnaryo, S.2011. “*Teknik Peledakan Buku I dan II*”. Jurusan Teknik Pertambangan. Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.

Konya, Calvin, J, 1990, *Blast Design, Continental Development*, Montville, Ohio.

Mc Gregor K, 1967, *The Drilling Of Rock, CR Books Ltd, A Maclaren Company*, London.

Nilasari, Gita Andini, 2017, Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batugamping di PT. Semen Tonasa, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.

Nobel, Dyno, 2010, *Blasting and Explosives Quick Reference Guide 2010*.

Singgih, Saptono, 2006, *Teknik Peledakan*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.

Suseno Kramadibrata, Made Astawa Rai, Ridho Kresna Wattimena, 2012 *Mekanika Batuan*, ITB.