

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

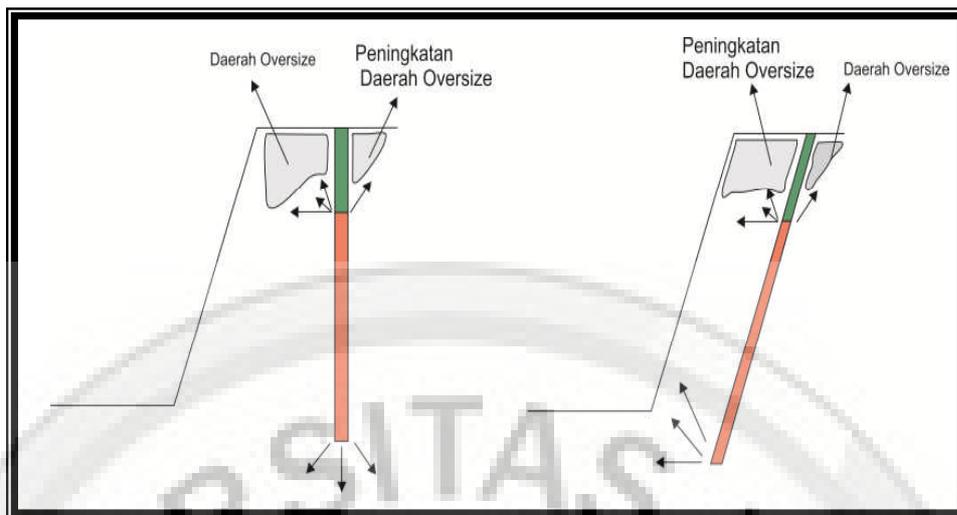
#### **3.1. Pengeboran Lubang Tembak**

Kegiatan dari pengeboran lubang tembak bertujuan untuk membuat lubang isian bahan peledak untuk kegiatan peledakan.

Pada dasarnya prinsip pengeboran lubang tembak itu sendiri adalah untuk mendapatkan kualitas lubang tembak yang tinggi yang dihasilkan melalui pengeboran yang cepat dan dalam posisi yang tepat. Arah pemboran lubang tembak dapat menggunakan pemboran miring maupun pemboran tegak dapat terlihat pada (Gambar 3.1).

Lubang tembak yang dibuat tegak, maka pada bagian lantai jenjang akan menerima gelombang tekan yang besar sehingga menimbulkan tonjolan pada lantai jenjang, hal ini dikarenakan gelombang tekan sebagian akan dipantulkan pada bidang bebas dan sebagian lagi akan diteruskan pada bagian bawah lantai jenjang.

Sedangkan dalam pemakaian lubang tembak miring akan membentuk bidang bebas yang lebih luas, sehingga akan mempermudah proses pecahnya batuan karena gelombang tekan yang dipantulkan lebih besar dan gelombang tekan yang diteruskan pada lantai jenjang lebih kecil.



Sumber : *Save and Efficient Blasting*, ICI, 1993

Gambar 3.1  
Lubang tembak miring dan tegak

Adapun keuntungan dan kerugian dari masing – masing lubang menurut Jimeno, CL., (1995), *Drilling And Blasting Of Rock*, AA Bakema, Rotterdam adalah :

1. Lubang tembak tegak (*vertical*) adalah :

a. Keuntungan

- Kemungkinan akan terjadinya lontaran batuan lebih sedikit.
- Lebih mudah dalam pengerjaannya.
- Pemboran dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih akurat.

b. Kerugian

- Penghancuran sepanjang lubang tidak merata.
- Menimbulkan tonjolan – tonjolan pada lantai jenjang (*toe*)
- Dapat menyebabkan retakan ke belakang jenjang (*backbreak*) dan getaran tanah.
- Fragmentasi batuan yang dihasilkan kurang bagus terutama di daerah *stemming*.

## 2. Lubang tembak miring adalah :

### a. Keuntungan

- Bidang bebas yang terbentuk akan semakin besar dan lebar.
- Fragmen batuan yang dihasilkan lebih baik.
- Dapat mengurangi terjadinya *backbreak* dan permukaan jenjang yang dihasilkan lebih rata.
- Dapat mengurangi bahaya kelongsoran pada jenjang.

### b. Kerugian

- Sulit untuk menempatkan sudut kemiringan yang sama antar lubang.
- Biaya operasi semakin meningkat
- Dibutuhkan pengawasan yang lebih ketat
- Kemungkinan terjadinya lemparan batu (*flyrock*) lebih besar
- Lubang ledak relatif lebih panjang sehingga membutuhkan waktu pemboran yang lebih lama.

## 3.2 Pengertian Bahan Peledak

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

Panas dari gas yang dihasilkan reaksi peledakan tersebut sekitar  $4000^{\circ}\text{C}$ . Adapun tekanannya, menurut **Langerfors** dan **Kihlstrom (1978)**, bisa mencapai lebih dari 100.000 atm setara dengan  $101.500\text{ kg/cm}^2$  atau  $9.850\text{ MPa}$  dengan

energi per satuan waktu yang ditimbulkan sekitar 25.000 MW atau 5.950.000 kcal/detik.

Perlu dipahami bahwa energi yang sedemikian besar itu bukan merefleksikan jumlah energi yang memang tersimpan di dalam bahan peledak begitu besar, namun kondisi ini terjadi akibat reaksi peledakan yang sangat cepat, yaitu berkisar antara 2500 – 7500 meter per detik (m/detik).

Oleh sebab itu kekuatan energi tersebut hanya terjadi beberapa detik saja yang lambat laun berkurang seiring dengan perkembangan keruntuhan batuan.

#### A. Reaksi peledakan

Peledakan akan memberikan hasil yang berbeda dari yang diharapkan karena tergantung pada kondisi eksternal saat di lapangan yang mempengaruhi kualitas bahan kimia pembentuk bahan peledak tersebut.

Panas merupakan awal terjadinya proses dekomposisi bahan kimia pembentuk bahan peledak yang menimbulkan pembakaran, dilanjutkan dengan deflagrasi dan terakhir detonasi.

Proses dekomposisi bahan peledak diuraikan sebagai berikut:

1. Pembakaran adalah reaksi permukaan yang eksotermis dan dijaga keberlangsungannya oleh panas yang dihasilkan dari reaksi itu sendiri dan produknya berupa pelepasan gas-gas.

Reaksi pembakaran memerlukan unsur oksigen ( $O_2$ ) baik yang terdapat di alam bebas maupun dari ikatan molekuler bahan atau material yang terbakar.

2. **Deflagrasi** adalah proses reaksi permukaan yang reaksinya meningkat menjadi ledakan dan menimbulkan gelombang kejut (*shock wave*) dengan kecepatan rambat rendah, yaitu antara 300 – 1000 m/s atau lebih rendah dari kecep suara (*subsonic*).
3. **Ledakan**, menurut Berthelot, adalah ekspansi seketika yang cepat dari gas menjadi bervolume lebih besar dari sebelumnya diiringi suara keras dan efek mekanis yang merusak.
4. **Detonasi** adalah Kecepatan reaksi yang sangat tinggi tersebut menyebarkan tekanan panas ke seluruh zona peledakan dalam bentuk gelombang tekan kejut (*shock compression wave*) kecepatan rambat reaksi pada proses detonasi ini berkisar antara 3000 – 7500 m/s.

#### B. Bahan peledak

Sifat-sifat fisik bahan peledak adalah suatu kenampakan nyata dari sifat bahan peledak ketika menghadapi perubahan kondisi lingkungan sekitarnya, yaitu antara lain :

- Densitas yaitu angka yang menyatakan perbandingan berat per *volume*
- Sensitifitas adalah sifat yang menunjukkan kemudahan inisiasi bahan peledak atau ukuran minimal booster yang diperlukan
- Ketahanan terhadap air (*water resistance*)
- Kestabilan kimia (*chemical stability*)
- Karakteristik gas (*fumes characteristic*)

### C. Jenis Bahan Peledak

Pembagian jenis bahan peledak menurut **R.L.Ash**, adalah :

- Bahan peledak kuat (*high explosive*) bersifat menghancurkan dengan kecepatan detonasi 5.000 – 24.000 fps, kekuatan 50.000 – 400.000 psi. Untuk jenis bahan peledak contohnya produk DANFO digunakan pada tambang andesit (PT. Lola Laut Timur lokasi di Bogor, CV JBP lokasi Banten dan PT. Semen Padang lokasi Padang, Sumatra Barat)
- Bahan peledak lemah (*low explosive*) bersifat mendorong atau mengangkat dengan kecepatan detonasi < 5.000 fps, kekuatan < 50.000 psi.

Sedangkan pembagian bahan peledak menurut keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 555.K/26/M.PE/1995, yaitu :

- Bahan peledak peka detonator, adalah bahan peledak yang dapat meledak dengan detonator no.8
- Bahan peledak peka primer, adalah bahan peledak yang hanya dapat meledak dengan menggunakan primer atau booster dengan detonator no.8.
- Bahan peledak ramuan, adalah bahan baku yang apabila dicampur dengan bahan tertentu akan menjadi bahan peledak peka primer.

### D. ZOB (*zero oxygen balance*)

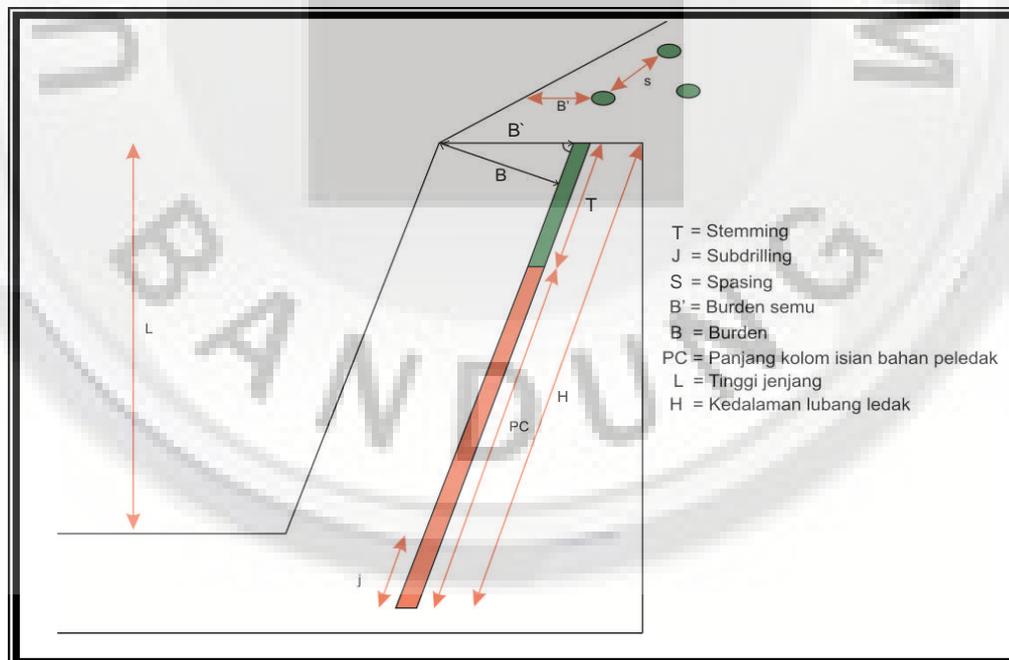
ZOB adalah nilai kesetimbangan jumlah oksigen yang tepat dalam suatu campuran bahan peledak sehingga seluruh reaksi menghasilkan hidrogen menjadi hidrogen dioksida ( $H_2O$ ), Carbon menjadi ( $CO_2$ ) dan nitrogen

menjadi ( $N_2$ ) bebas, di dalam hasil reaksinya hanya ketiga unsur tersebut yang terbentuk.

### 3.3 Geometri Peledakan

Dalam perencanaan peledakan, geometri peledakan sangat menentukan keberhasilan pada operasi peledakan. Untuk mendapatkan hasil yang optimum diperlukan pengaturan rancangan geometri peledakan dan evaluasi *powder factor* (PF) pada geometri peledakan.

Dalam operasi peledakan batuan ada lima parameter dasar geometri peledakan yaitu : *burden* (B), *spacing* (S), *subdrilling* (J), *stemming* (T), dan kedalaman lubang ledak (H) terlihat pada (Gambar 3.2).



Sumber : H. A. Thabri Akma ME, Teknik Peledakan, 2005

**Gambar 3.2**  
**Geometri peledakan**

### A. *Burden*

*Burden* adalah jarak dari lubang ledak ke arah bidang bebas (*free face*) yang terdekat dan jarak *burden* diukur tegak lurus dari kolom isian bahan peledak dengan bidang bebas terdekat.

Untuk menghitung besarnya *burden* perlu diketahui harga dari *burden ratio* ( $K_b$ ), harga *burden ratio* dipengaruhi oleh jenis batuan yang akan diledakan dan bahan peledak yang dipakai, maka perlu dilakukan penyesuaian *burden ratio*nya menurut teori **R.L.Ash** yaitu :

$$K_b = K_{b_{std}} \times Af_1 \times Af_2$$

$$Af_1 = \left( \frac{D_{std}}{D} \right)^{1/3}$$

$$Af_2 = \left( \frac{SG \times (Ve)^2}{SG_{std} \times (Ve_{std})^2} \right)^{1/3}$$

Di mana :

$K_b$  = *Burden Ratio* yang dikoreksi

$K_{b_{std}}$  = *Burden Ratio* Standar

$Af_1$  = Faktor koreksi batuan

$Af_2$  = Faktor koreksi bahan peledak

$D_{std}$  = Kerapatan batuan standart

$D$  = Kerapatan batuan yang di ledakan

$SG_{std}$  = *Specific Gravity* bahan peledak standar

$SG$  = *Specific Gravity* bahan peledak yang dipakai

$V_e$  = Kecepatan detonasi bahan peledak yang digunakan

$V_{e_{std}}$  = Kecepatan detonasi bahan peledak standart

## B. Spacing (S)

*spacing* adalah jarak antara dua buah lubang ledak yang berdekatan dalam satu baris (*row*), dan diukur sejajar terhadap dinding jenjang.

Besarnya *spacing* tergantung dari panjang *burden*, apabila *spacing* lebih kecil dari *burden* cenderung mengakibatkan *stemming ejection (flyrock)* yang terjadi akibat pendeknya *stemming*) Untuk menentukan nilai

*spacing* rumus yang digunakan menurut **R.L.Ash** adalah :

$$S = K_s \times B$$

Dimana :

S = *Spacing* (ft)

$K_s$  = *Spacing Ratio*

B = *Burden* (ft)

Peledakan dengan menerapkan *spacing* dua kali dari *burden* akan memperkecil interaksi yang saling membantu antara lubang ledak yang berdekatan dalam satu baris.

*Spacing* yang terlalu panjang akan menyebabkan pecahnya batuan lebih cepat ke arah bidang bebas, hal ini akan menyebabkan tonjolan batuan tidak hancur diantara lubang ledak tersebut. Untuk *spacing* yang terlalu pendek, akan menimbulkan perbandingan energi bahan peledak yang dihasilkan untuk memecahkan batuan diantara dua lubang ledak akan

lebih besar dibanding energi bahan peledak ke arah bidang bebas, sehingga akan menyebabkan terjadinya *boulder*.

Keseimbangan energi antara isian bahan peledak biasanya terjadi dengan sempurna jika ukuran spacing biasa mendekati sama dengan burden ( $K_s = 1$ ), dan untuk waktu tunda pendek  $K_s$  bervariasi 1 – 2.

### C. *Stemming* (T)

*Stemming* atau sumbat ledak adalah berguna untuk mengurangi gas bertekanan tinggi yang terlepas ke udara secara prematur, bagian dari lubang ledak yang tidak diisi bahan peledak maka akan diisi oleh material penutup/pemampatan seperti *cuttings* hasil pemboran, pasir, tanah liat dan sebagainya.

Panjang *stemming* yang sesuai dapat meningkatkan proses penghancuran dan perpindahan batuan. Besarnya *stemming* tergantung pada besarnya burden dan besarnya *stemming ratio* ( $K_t$ ). Jarak *stemming* yang ideal dapat dihitung dengan menggunakan **R.L.Ash** formula, Yaitu :

$$T = K_t \times B$$

Dimana :

$T = \textit{Stemming}$  (meter)

$K_t = \textit{Stemming ratio}$

$B = \textit{Burden}$  (meter)

Pengaturan *stemming* berfungsi juga untuk mengurung gas-gas yang timbul dari hasil peledakan sehingga peledak dapat menghasilkan energi peledakan yang maksimum.

#### D. *Sub-Drilling* (J)

*Subdrilling* adalah bagian ujung lubang ledak yang posisinya lebih rendah dari lantai jenjang atau tambahan kedalaman dari pada lubang bor di bawah rencana lantai jenjang, *subdrilling* dibuat untuk membentuk lantai jenjang yang relatif rata setelah peledakan dilakukan. Rumus yang digunakan menurut

**R.L. Ash** adalah :

$$J = K_j \times B$$

Di mana :

- J = *Sub drilling* (ft)
- K<sub>j</sub> = *Sub drilling ratio* (0,2 – 0,3)
- B = *Burden* (ft)

Penggalian yang efisien membutuhkan kondisi lantai jenjang yang cocok dengan alat gali karena kondisi lantai sangat dipengaruhi oleh besaran *subdrilling*. *Subdrilling* yang optimal bervariasi terhadap :

- Sifat massa batuan
- Energi peledakan per meter lubang ledak
- Diameter dan kemiringan lubang ledak

*Subdrilling* dapat bertambah sesuai dengan bertambahnya *burden* atau *spacing*. *Subdrilling* yang berlebihan dapat mengakibatkan :

- Tidak efisiennya pemboran dan jumlah bahan peledak
- Menambah getaran tanah
- Kehancuran yang berlebih (*overbreak*) pada lantai jenjang
- Gerakan ke arah vertikal yang berlebihan dari batuan yang diledakkan.

#### E. Kedalaman Lubang Bor

Kedalaman lubang tidak boleh lebih kecil dari pada *burden*. Hal ini untuk menghindari terjadinya *over break*, dan jika bor terlalu dalam bisa terjadi tonjolan-tonjolan pada jenjang (*toe*) serta akan menimbulkan *boulder*. Dalam prakteknya harga  $K_h$  sama dengan 1,5 – 4 kali harga *burden*. Rumus kedalaman lubang bor :

$$H = K_h \times B \quad \text{atau} \quad H = L + J$$

Keterangan :  $K_h$  = Rasio kedalaman lubang bor

$H$  = Kedalaman lubang bor (meter)

$L$  = Tinggi jenjang (meter)

$B$  = *Burden* (meter)

$J$  = *Subdriling* (meter)

Ukuran kedalaman lubang ledak ditentukan dengan memperhitungkan *stiffness ratio* yaitu perbandingan antara tinggi jenjang ( $K$ ) dengan jarak *burden* ( $V_1$ ) untuk menghindari efek samping yang mungkin terjadi. Efek samping yang mungkin terjadi terhadap besarnya *stiffness ratio* dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1**  
**Hubungan Stiffness Ratio dengan Efek Yang Timbul**

Stiffness ratio	Fragmentasi	Ledakan udara	Batu terbang	Getaran tanah	Komentar
1	buruk	besar	banyak	besar	Banyak muncul back break di bagian toe. Jangan dilakukan dan rancang ulang
2	sedang	sedang	sedang	sedang	Bila memungkinkan rancang ulang
3	baik	kecil	sedikit	kecil	Control dan fragmentasi baik
4	memuaskan	sangat keci;	sangat sedikit	sangat kecil	Tidak akan menambah keuntungan bila stiffness ratio diatas 4

Sumber : Materi Kursus Juru Ledak Kelas II

#### F. Diameter Lubang dan Tinggi Jenjang

Pemilihan ukuran lubang ledak yang sesuai untuk pekerjaan manapun memerlukan dua bagian penilaian yaitu mempertimbangkan efek ukuran lubang bor pada fragmentasi, *air blast*, *flyrock*, dan *ground vibration*, serta ekonomi pemboran.

**J. Konya dan Edward J. walter** membuat suatu rumusan tentang metode praktis menentukan kedalaman lubang ledak bor, bila *stiffness ratio* diatas 2 yang disebut dengan "*Rule of Five*". Rumus itu adalah :

$$L_{\min} = 5 \times D_e$$

Dimana :

$L_{\min}$  = Tinggi jenjang minimum (*minimum banch height*), ft

$D_e$  = Diameter lubang ledak (*diameter of explosive*), inchi

### 3.4 Mekanisme Pecahnya Batuan

Batuan mempunyai kekuatan untuk menahan gaya dari luar, yaitu tegangan tarik (*tensile stress*). Pada dasarnya batuan lebih tahan terhadap tegangan tekan (*compressive stress*) daripada tegangan tarik (*tensile stress*). Dengan demikian untuk menghancurkan batuan adalah dengan membuat tegangan tarik yang dihasilkan dari peledakan lebih besar dari pada kekuatan tarik batuan yang diledakkan.

Konsep mekanisme pecahnya batuan yang dipakai adalah proses pemecahan reaksi - reaksi mekanik dalam batuan yang homogen. Mekanisme pecahnya batuan itu terdiri dari tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Terjadinya Retakan Lingkar (proses pemecahan tingkat satu)

Pada saat bahan peledak diledakkan dalam lubang ledak, maka akan terbentuk temperatur dan tekanan yang tinggi. Hal ini mengakibatkan hancurnya batuan disekitar area lubang ledak.

Terjadinya tekanan dan temperatur yang tinggi secara mendadak menimbulkan adanya gelombang kejut dengan kecepatan antara 3000 – 5000 m/detik, ke segala arah sehingga menimbulkan *tangensial stress* dan mengakibatkan adanya retakan lingkaran yang mengarah keluar.

2. Tahap *Spalling* (proses pemecahan tingkat dua)

Tekanan sehubungan dengan gelombang kejut pada proses pemecahan tingkat satu 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 dari pada tekanan maka akan terjadi rekahan – rekahan primer yang disebabkan karena tegangan tarik dari gelombang yang dipantulkan.

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. Tahap Pecahnya Batuan (proses pemecahan batuan tingkat tiga)

Pada kondisi tekanan yang sangat tinggi dari gas – gas hasil peledakan, maka rekahan radial primer (tingkat II) akan diperlebar secara cepat oleh kombinasi efek tegangan tarik yang disebabkan kompresi radial dan pembajian (*pneumatic wedging*).

Apabila massa batuan di depan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak ke depan maka tekanan tinggi yang berada dalam batuan akan dilepaskan.

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

### 3.5 *Powder Factor* ( faktor bahan peledak )

*Powder factor* (PF) didefinisikan menurut teori **R.L.Ash**, sebagai perbandingan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan volume peledakan, dalam satuan kg/m<sup>3</sup>.

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. Hubungan matematis antara bahan peledak terhadap jumlah batuan yang diledakkan. Ada 4 cara dalam menyatakan *powder factor* yaitu

- Berat bahan peledak per volume batuan yang diledakkan (kg/m<sup>3</sup>)
- Berat bahan peledak per berat batuan yang diledakkan (kg/ton)
- Volume batuan per berat bahan peledak (m<sup>3</sup>/kg)
- Berat batuan per berat bahan peledak (ton/kg)

Secara umum, *powder factor* dapat dihubungkan dengan unit hasil produksi pada operasi peledakan. Dengan *powder factor* dapat diketahui konsumsi bahan peledak yang dipakai untuk menghasilkan sejumlah batuan.

Dari pengalaman harga *powder factor* pada operasi penambangan, dengan batuan yang relatif solid berkisar antara 0.30 – 0.60 Kg/m<sup>3</sup>. Untuk *powder factor* dirumuskan dengan (samhudi,1994). :

$$\text{powder factor (PF)} = \frac{E}{V}$$

Dimana :

$$\text{PF} = \text{Powder Factor (kg/m}^3\text{)}$$

E = Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

V = Volume batuan yang akan diledakkan ( $m^3$ )

Untuk menghitung dengan volume batuan yang diledakkan per lubang :

$$V = B \times S \times H$$

Dimana :

V = Volume ( $m^3$ )

B = *Burden* sebenarnya (m)

S = *Spacing* (m)

H = Kedalaman lubang tembak (m)

Tonase batuan yang terbungkar (W) digunakan rumus :

$$W = V \times Dr$$

Dimana :

W = Berat batuan (kg)

V = Volume ( $m^3$ )

Dr = Berat jenis batuan ( $kg / m^3$ )

### 3.5.1 Specific Charge

*Specific charge* adalah jumlah bahan peledak yang diperlukan untuk peledakan tiap volume batuan tertentu, dinyatakan dalam ( $Kg/m^3$ ).

Secara teoritis batuan akan pecah lebih kecil bila bahan peledak ditambah. Harga *specific charge* dipengaruhi oleh *burden* dan sifat fisik batuan yang akan diledakkan.

$$\text{Specific Charge} = \frac{\text{Jumlah Bahan Peledak (ANFO + Power gel + detonator)}}{\text{Volume Batuan Yang Diledakkan}}$$

Dimana : w ANFO = berat ANFO ( E (kg))

w power gel = berat power gel (kg/lubang)

w detonator = berat detonator (kg/lubang)

### 3.5.2 Blasting Ratio

*Blasting ratio* adalah suatu bilangan yang menyatakan bahwa jumlah pemakaian bahan peledak yang digunakan untuk membongkar volume batuan yang diledakkan (kg/ton) dalam satuan tertentu, Rumus yang digunakan (samhudi,1994) :

$$\text{Br} = \text{W} / \text{E}$$

Dimana :

Br = *Blasting Ratio*, (kg/ton)

E = Jumlah bahan peledak (kg)

W = Berat batuan terbongkar (ton)

### 3.6 Volume Hasil Peledakan

Operasi peledakan dikatakan berhasil apabila pekerjaan tersebut menghasilkan produk setara dengan yang direncanakan baik dari segi jumlah fragmentasi dan stabilitas dinding yang ditinggalkan.

Target produksi merupakan jumlah atau volume keseluruhan batuan yang akan diledakkan yang dihitung dari luas area dan kedalaman lubang tembaknya.

Untuk menghitung volume batu andesit keseluruhan yang dihasilkan adalah :

$$V_T = B \times S \times h \times n \text{ atau}$$

$$V_T = B' \times S \times L \times \sin \alpha$$

Sedangkan untuk hasil tonase batu andesit keseluruhan yang didapat dalam kegiatan peledakan menggunakan lubang ledak miring, adalah :

$$V_i = B' \times S \times L \times n \times \sin \alpha \times dr$$

Dimana :

$V_T$  = Volume keseluruhan batu andesit yang dihasilkan (LCM)

$B$  = *Burden* sebenarnya (meter)

$B'$  = *Burden* semu (meter)

$S$  = *Spacing* (meter)

$h$  = Tinggi jenjang (meter)

$n$  = Jumlah lubang ledak (meter)

$L$  = Panjang jenjang miring (meter)

$dr$  = *Density* batuan ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

$H$  = Kedalaman lubang ledak (meter)

$\alpha$  = Sudut kemiringan lubang bor (derajat)

$Dr$  = Berat jenis batuan ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

### 3.7 Fragmentasi Batuan

Fragmentasi batuan hasil peledakan merupakan salah satu petunjuk untuk dapat mengetahui keberhasilan dari suatu peledakan selain *powder factor*. Karena apabila dalam suatu peledakan, *powder factor* tercapai tetapi tidak menghasilkan fragmentasi batuan yang diinginkan, maka peledakan tersebut belum bisa dikatakan berhasil.

Hubungan antara ukuran rata-rata fragmentasi batuan dan penggunaan bahan peledak per volume batuan terbongkar telah dikemukakan oleh **Kuznetsov (1973)**, persamaannya sebagai berikut :

$$X = A \cdot \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} \cdot Q^{0.17} \left(\frac{E}{115}\right)^{-0.63}$$

Dimana :

X = Ukuran rata-rata material, (cm)

A = Faktor batuan

V = Volume batuan terbongkar per lubang, m<sup>3</sup>

Q = Jumlah bahan peledak per lubang, m<sup>3</sup>

E = *Relatif weight strength* ANFO (100)

Untuk mengetahui distribusi ukuran fragmentasi, yang dipergunakan adalah persamaan **Kuznetsov** oleh **Claude Cunningham** yang dikenal sebagai persamaan **Kuz-Ram** yaitu :

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

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

$$R = 100 \left[ e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \right]$$

- Dimana :
- R = Persentase passing (%)
  - X<sub>c</sub> = Ukuran fragmentasi yang diprediksi (cm)
  - X = Ukuran rata-rata fragmentasi (cm)
  - n = Konstanta keseragaman *Rossin-Rammler*
  - B = *Burden* (m)
  - D = Diameter lubang ledak (mm)
  - W = Standar deviasi pemboran (m)
  - A = *Ratio spacing* terhadap *burden* (S/B)
  - PC = Panjang isian peledak per lubang (m)
  - L = Tinggi jenjang (m)

Peledakan dikatakan berhasil apabila banyaknya batuan hasil peledakan lebih besar dari batuan hasil peledakan yang berupa bongkahan (*boulder*), dimana jumlah bongkah batuan yang dihasilkan 10 % (Mc. Gregor, 1967).

Sedangkan didalam perhitungan tingkat fragmentasi di lapangan, dapat dilakukan dengan beberapa metode perhitungan, yaitu dengan cara pemisahan batuan, setelah itu dilakukan analisis produktivitas alat muat dan angkut.