

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Aktivitas Pengeboran

Pengeboran merupakan kegiatan pertama yang dilakukan dalam suatu operasi kegiatan pembeeraan batuan. Kegiatan ini bertujuan untuk membuat sejumlah lubang ledak yang akan diisi sejumlah bahan peledak untuk diledakkan.

Terdapat perbedaan dalam rancangan pola pengeboran untuk tambang bawah tanah dan terbuka. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas area, volume hasil peledakan, suplai udara segar, dan keselamatan kerja. Tabel 3.1 memperlihatkan beberapa alasan atau penyebab yang membedakan pola pengeboran di tambang bawah tanah dan terbuka.

Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan hanya satu bidang bebas, disebut *crater blasting*, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu dinding bidang bebas dan puncak jenjang (*top bench*).

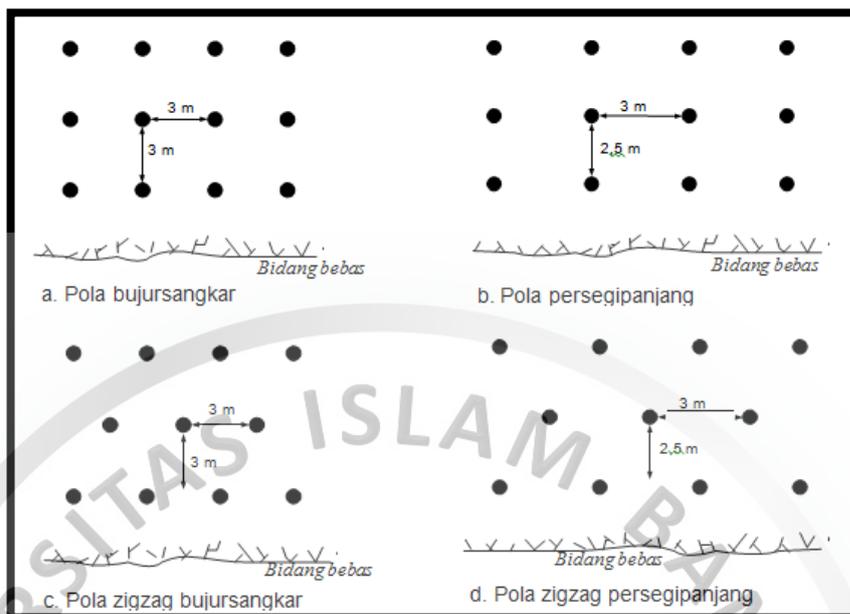
**Tabel 3.1**  
**Penyebab yang Membedakan Pola Pengeboran**  
**Tambang Bawah Tanah dan Terbuka**

Faktor	Tambang bawah tanah	Tambang terbuka
Luas area	Terbatas, sesuai dimensi bukaan yang luasnya dipengaruhi oleh kestabilan bukaan tersebut.	Lebih luas karena terdapat dipermukaan bumi dan dapat memilih area yang cocok
Volume hasil peledakan	Terbatas, karena dibatasi oleh luas permukaan bukaan, diameter mata bor dan kedalaman pengeboran, sehingga produksi kecil.	Lebih besar, bisa mencapai ratusan ribu meterkubik per peledakan, sehingga dapat direncanakan target yang besar.
Suplai udara segar	Tergantung pada jaminan sistem ventilasi yang baik.	Tidak bermasalah karena dilakukan pada udara terbuka
Keselamatan kerja	Kritis, diakibatkan oleh: ruang yang terbatas, guguran batuan dari atap, tempat untuk penyelamatan diri terbatas.	Relatif lebih aman karena seluruh pekerjaan dilakukan pada area terbuka.

Sumber : Anonim, 2015

Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu: (lihat Gambar 3.1)

- Pola bujursangkar (*square pattern*), yaitu jarak burden dan spasi sama.
- Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding burden.
- Pola zigzag (*staggered pattern*), yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujursangkar maupun persegi panjang.



Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.1**  
**Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka**

### 3.2 Definisi Umum Peledakan

Pekerjaan peledakan adalah pekerjaan yang terdiri dari meramu bahan peledak, membuat primer, mengisi dan menyumbat lubang ledak, merangkai, dan menyambung suatu pola peledakan, menyambung suatu rangkaian peledakan ke sebuah rangkaian detonator, rangkaian alat penguji atau mesin peledak, menetapkan daerah bahaya, menyuruh orang menyingkir, dan berlindung, menguji rangkaian peledakan, meledakkan lubang ledak, menangani kegagalan peledakan, dan mengendalikan akibat peledakan yang merugikan seperti lontaran batuan, getaran tanah, kebisingan, dan tertekannya udara yang mengakibatkan efek ledakan (*air blast*). (Anonim, 1995)

### 3.3 Persiapan Peledakan

Sebelum dilakukan suatu proses peledakan, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan terlebih dahulu, sehingga nantinya hasil yang didapat sesuai dengan apa yang diharapkan. Umumnya tahapan sebelum dimulainya proses peledakan

yaitu tahap pembersihan lahan, tahap menentukan geometri peledakan, tahap pola pemboran ledakan, tahap mempersiapkan peralatan dan perlengkapan peledak, dan tahap penentuan metode peledakan.

### **3.3.1 Tahap Pembersihan Lahan**

Tahap ini merupakan tahap paling awal dari proses peledakan, dimana bertujuan untuk membersihkan area peledakan baik dari material tambang maupun dari tumbuhan. Hal ini dilakukan agar tidak terganggunya pada saat penentuan titik bor ataupun pada saat dilakukannya proses pemboran itu sendiri, misalnya seperti kedalaman lubang bor dari permukaan yang harus sesuai mengingat faktor kedalaman lubang bor akan berpengaruh terhadap hasil dari peledakan.

### **3.3.2 Tahap Menentukan Geometri Peledakan**

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukannya suatu perhitungan terhadap lubang ledak, dengan kata lain konstruksi dari lubang ledak itu sendiri, seperti berapa kedalaman dari lubang ledak, kemiringan lubang ledak, dan seterusnya. Geometri inilah yang sangat menentukan hasil dari proses peledakan.

### **3.3.3 Tahap Pola Pengeboran dan Peledakan**

Secara umum pola pemboran adalah suatu bentuk atau letak dari titik – titik lubang bor yang dimana nantinya menentukan bentuk dan arah dari ledakan. Sedangkan pola peledakan adalah urutan terjadinya ledakan antara lubang satu dengan yang lainnya berdasarkan selang waktu dan urutan tertentu

### **3.3.4 Tahap Persiapan Peralatan dan Perlengkapan**

Dalam suatu peledakan terdapat perbedaan arti antara perlengkapan dan peralatan. Perbedaan ini dibedakan berdasarkan pada banyaknya digunakan. Untuk perlengkapan peledakan hanya dapat digunakan dalam satu kali proses, karena sifatnya sebagai agen ledak atau handak. Sedangkan untuk peralatan peledakan

dapat digunakan berulang kali, karena fungsinya sebagai tombol atau penyambung aliran listrik.

Pada suatu perlengkapan tambang, dikenal dengan istilah *Primer* dan *Booster*. Dimana kedua istilah ini dibedakan karena pada *primer* handak yang digunakan telah dipasang detonator sehingga berfungsi sebagai pemicu ledakan awal, sedangkan *booster* merupakan handak yang tidak dipasangkan detonator, sehingga berfungsi sebagai pemberi energi ledakan tambahan. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan dan peracikan dari suatu bahan peledak tertentu, sehingga sesuai dengan kebutuhan yang pada tahap sebelumnya telah diperhitungkan.

### 3.3.5 Tahap Penentuan Metoda Peledakan

Pada tahap ini, hal yang dilakukan adalah proses pemilihan dan perangkaian seperti apa yang sekiranya paling efisien saat dilakukan peledakan. Tujuan utamanya yaitu untuk menentukan ritme dan pola dari suatu ledakan yang dihasilkan, serta untuk menghindari terjadinya *missfire*.

Jika diperhatikan, metoda ini bertujuan pada jalur atau medium yang merambatkan rangsangan dari peralatan ke perlengkapan peledakan, baik itu berupa api, listrik ataupun gelombang radio. Penggunaan ketiga jenis rangsangan ini ditentukan berdasarkan dari keadaan lingkungan sekitar, seperti apabila kadar air tinggi dan memanfaatkan api, maka kemungkinan untuk *missfire* akan tinggi.

### 3.4 Pola Peledakan pada Tambang Terbuka

Mengingat area peledakan pada tambang terbuka atau *quarry* cukup luas, maka peranan pola peledakan menjadi penting jangan sampai urutan peledakannya tidak logis. Urutan peledakan yang tidak logis bisa disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

- Penentuan waktu tunda yang terlalu dekat.

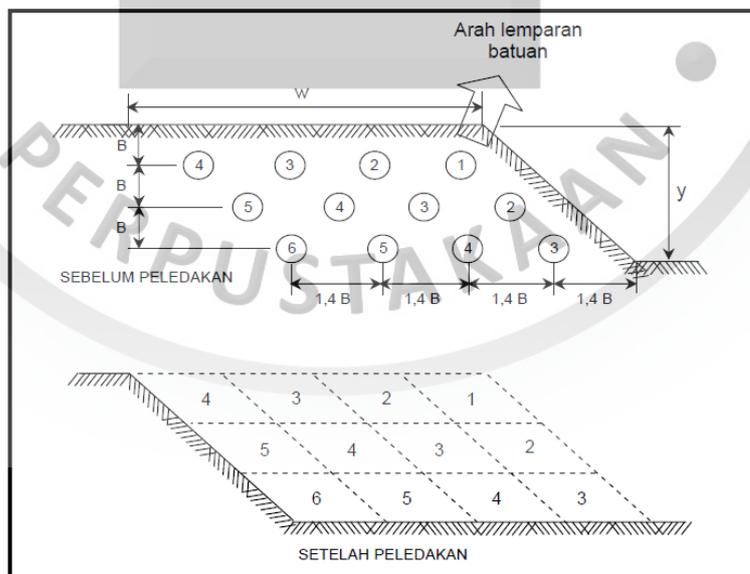
- Penentuan urutan ledakannya yang salah
- Dimensi geometri peledakan tidak tepat
- Bahan peledaknya kurang atau tidak sesuai dengan perhitungan.

Terdapat beberapa kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada tambang terbuka, yaitu sebagai berikut:

- Peledakan tunda antar baris.
- Peledakan tunda antar beberapa lubang.
- Peledakan tunda antar lubang.

Orientasi retakan cukup besar pengaruhnya terhadap penentuan pola pemboran dan peledakan yang pelaksanaannya diatur melalui perbandingan spasi ( $S$ ) dan burden ( $B$ ). Beberapa contoh kemungkinan perbedaan kondisi di lapangan dan pola peledakannya sebagai berikut :

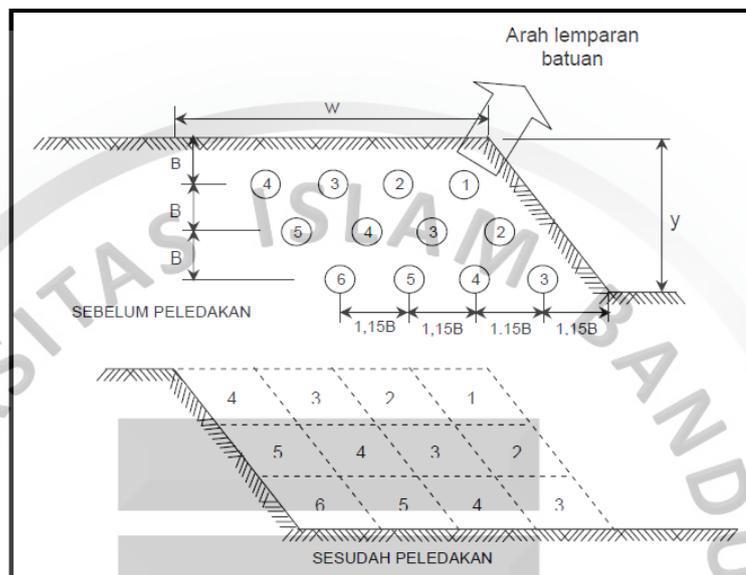
1. Bila orientasi antar retakan hampir tegak lurus, sebaiknya  $S = 1,41 B$  seperti pada Gambar 3.2.



Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.2**  
**Peledakan Pojok dengan Pola *Staggered* dan Sistem**  
**Inisiasi *Echelon* Serta Orientasi antar Retakan  $90^\circ$**

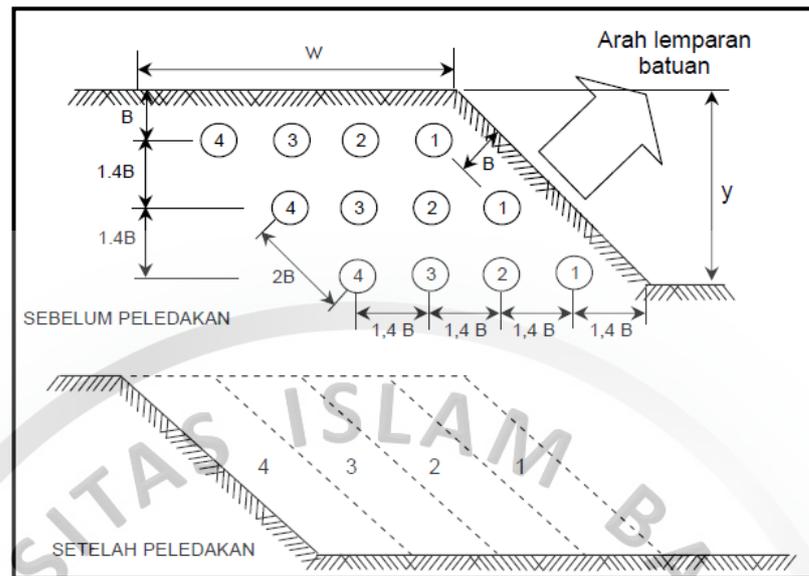
2. Bila orientasi antar retakan mendekati  $60^\circ$  sebaiknya  $S = 1,15 B$  dan menerapkan interval waktu long-delay dan pola peledakannya terlihat Gambar 3.3



Sumber : Anonim, 2015

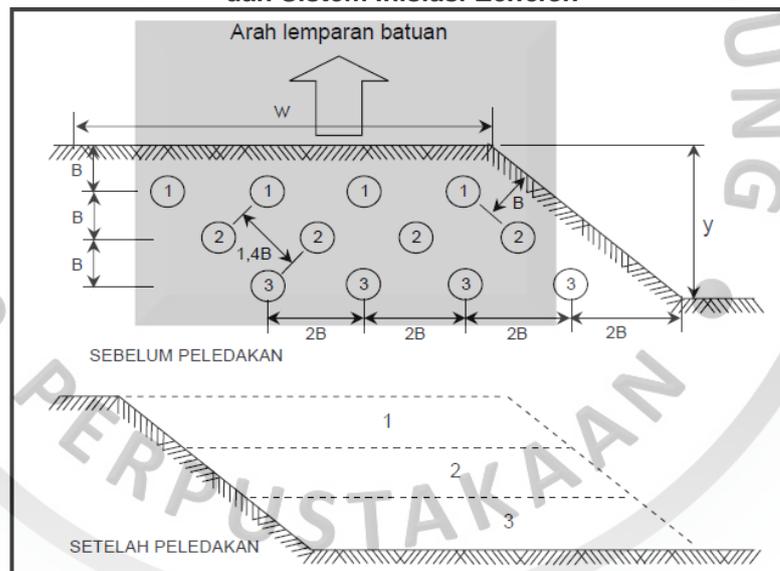
**Gambar 3.3**  
Peledakan Pojik dengan Pola *Staggered* dan Sistem Inisiasi *Echelon* Serta Orientasi antar Retakan  $60^\circ$

3. Bila peledakan dilakukan serentak antar baris, maka ratio spasi dan burden (S/B) dirancang seperti pada Gambar 3.4 dan 3.5 dengan pola bujursangkar (*square pattern*).
4. Bila peledakan dilakukan pada bidang bebas yang memanjang, maka sistem inisiasi dan S/B dapat diatur seperti pada Gambar 3.6 dan 3.7.



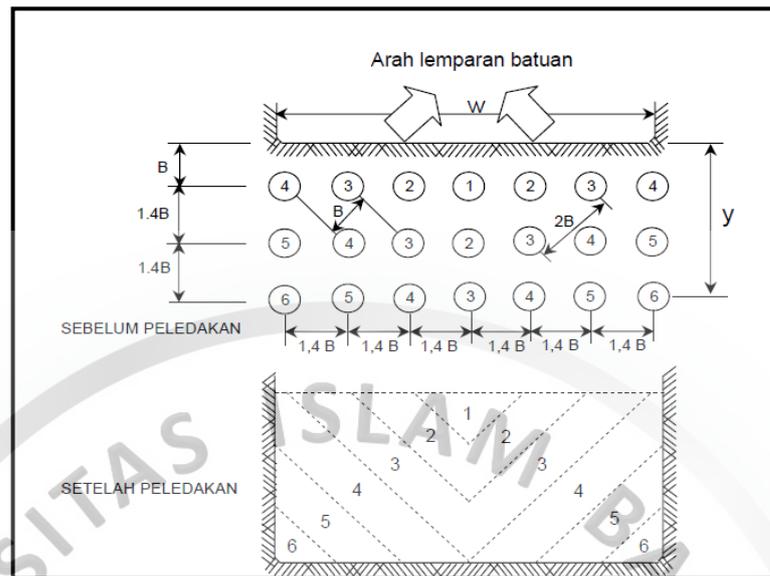
Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.4**  
Peledakan Pojok Antar Baris dengan Pola Bujursangkar dan Sistem Inisiasi *Echelon*



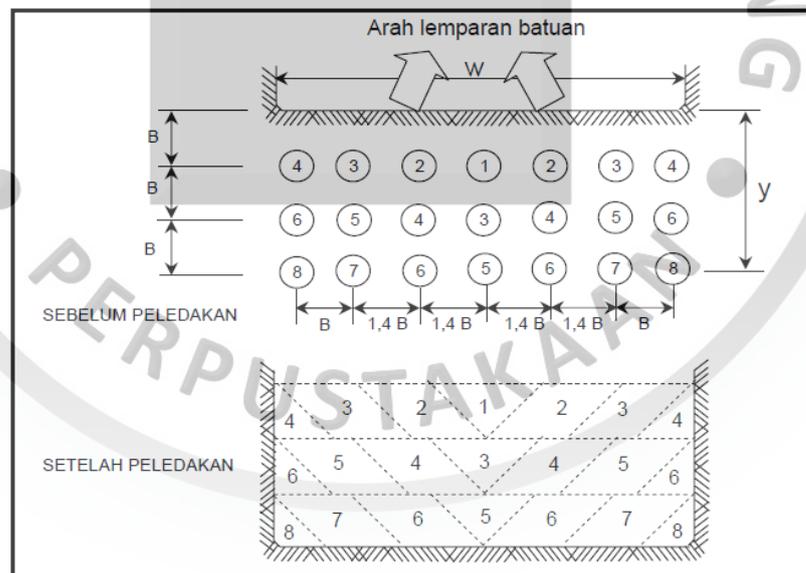
Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.5**  
Peledakan Pojok Antar Baris dengan Pola *Staggered*



Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.6**  
Peledakan pada Bidang Bebas Memanjang dengan Pola V-cut Bujursangkar dan Waktu Tunda *close-interval (chevron)*



Sumber : Anonim, 2015

**Gambar 3.7**  
Peledakan pada Bidang Bebas Memanjang dengan Pola V-cut Persegi Panjang dan Waktu Tunda Bebas

### 3.5 Faktor Berpengaruh Pada Peledakan Jenjang

Disamping sifat-sifat batuan, beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang dapat dikelompokkan kedalam tiga aspek, yaitu:

- Aspek teknis. Dalam hal ini tolak ukurnya adalah keberhasilan target produksi. Parameter penting yang harus diperhitungkan terutama adalah diameter lubang ledak dan tinggi jenjang, kemudian parameter lainnya diperhitungkan berdasarkan dua parameter tersebut.
- Aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Pertimbangannya bertumpu pada seluruh aspek kegiatan kerja pengeboran dan peledakan, termasuk stabilitas kemiringan jenjang dan medan kerjanya.
- Aspek lingkungan. Dampak negatif peledakan menjadi kritis ketika pekerjaan peledakan menghasilkan vibrasi tinggi, menimbulkan gangguan akibat suara yang sangat keras, serta banyak batuan terbang.

Ketiga aspek tersebut merupakan suatu kesatuan dan tidak dapat meninggalkan salah satunya. Oleh sebab itu, setelah mengamati dan menguji dengan seksama kualitas batuan yang akan diledakan, dilanjutkan dengan uji coba pengeboran dan peledakan untuk mendapatkan standar operasi yang sesuai dengan lokasi setempat. Dalam standar operasi itu tentunya sudah melibatkan dan mempertimbangkan ketiga aspek tersebut.

#### 3.5.1 Diameter Lubang Ledak

Pemilihan diameter lubang ledak dipengaruhi oleh besarnya laju produksi yang direncanakan. Makin besar diameter lubang akan diperoleh laju produksi yang besar pula dengan persyaratan alat bor dan kondisi batuan yang sama. Faktor yang membatasi diameter lubang ledak adalah:

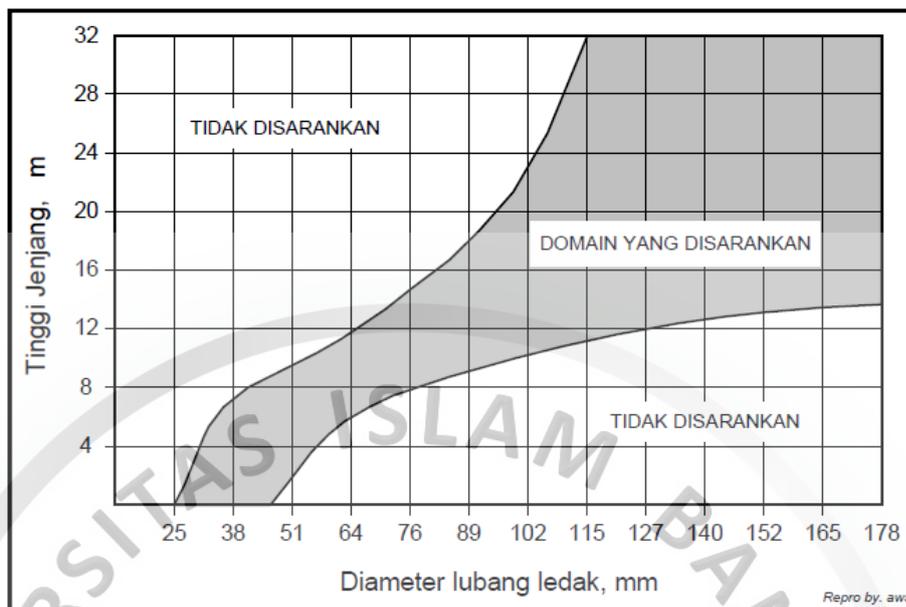
- Ukuran fragmentasi hasil peledakan.

- Isian bahan peledak utama harus dikurangi atau lebih kecil dari perhitungan teknis karena pertimbangan vibrasi bumi atau ekonomi.
- Keperluan penggalian batuan secara selektif.

Pada kondisi batuan yang solid, ukuran fragmentasi batuan cenderung meningkat apabila perbandingan kedalaman lubang ledak dan diameter kurang dari 60. Oleh sebab itu, upayakan hasil perbandingan tersebut melebihi 60 atau  $\frac{L}{d} > 60$ .

### 3.5.2 Tinggi Jenjang

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan lainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter serta aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (*bucket*) serta tinggi jangkauan alat muat. Umumnya pada peledakan di *quarry* dan tambang terbuka dengan diameter lubang besar, tinggi jenjang berkisar antara 10 – 15 m. Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah kestabilan jenjang jangan sampai runtuh, baik karena daya dukungnya lemah atau akibat getaran peledakan. Dapat disimpulkan bahwa jenjang yang pendek memerlukan diameter lubang yang kecil, sementara untuk diameter lubang besar dapat diterapkan pada jenjang yang lebih tinggi. Gambar 3.8 memperlihatkan hubungan antara variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang yang menghasilkan batasan terbawah dan teratas untuk setiap diameter lubang ledak.



Sumber : Tamrock, 1998

**Gambar 3.8**  
**Hubungan Variasi Diameter Lubang Ledak dengan**  
**Tinggi Jenjang**

### 3.5.3 Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam *truck* dan oleh ukuran gap bukaan *crusher*.

Beberapa ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak:

- Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, oleh sebab itu harus dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat.

- Perlu diperhatikan bahwa dengan menambah bahan peledak akan menghasilkan lemparan yang jauh.
- Pada batuan dengan intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil.

Tingkat fragmentasi batuan merupakan tingkat pecahan material dalam ukuran tertentu sebagai hasil dari proses peledakan, untuk menentukan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan secara teori yang paling umum digunakan adalah model Kuz-Ram (Cunningham 1982) , model Kuz-Ram merupakan gabungan dari dua persamaan, yaitu persamaan Kuznetsov untuk menentukan ukuran rata – rata fragmentasi dan persamaan Rossin – Ramler untuk menentukan presentase material yang tertahan pada ukuran ayakan tertentu, persamaan Kuznetsov (1973) sebagai berikut :

$$X_m = A \times \left[ \frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times (E / 115)^{-0,63}$$

Dimana :

$X_m$  = Rata-rata ukuran fragmentasi (cm)

$A$  = Faktor batuan (*Rock Factor* = RF)

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

$Q$  = Jumlah bahan peledak pada setiap lubang ledak (kg)

$E$  = *Relative Weight Strength* bahan peledak

Parameter pembobotan massa batuan yang berhubungan dengan peledakan berdasarkan nilai *indeks* peledakan, yang disusun oleh Lily (1986), dapat dilihat dibawah ini :

Untuk menghitung nilai *rock factor* masing-masing batuan maka terlebih dahulu harus dihitung nilai *blastability index*nya. Parameter pembobotan massa batuan berdasarkan nilai *indeks* peledakan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 3.2**  
**Pembobotan Massa Batuan Di Lapangan**

PARAMETER	PEMBOBOTAN
1. <i>Rock mass description (RMD)</i>	
1.1. <i>Powdery/friable</i>	10
1.2. <i>Blocky</i>	20
1.3. <i>Totally massive</i>	50
2. <i>Joint plane spacing (JPS)</i>	
2.1. <i>Close (Spasi &lt; 0,1 m)</i>	10
2.2. <i>Intermediate (Spasi 0,1 – 1 m)</i>	20
2.3. <i>Wide (Spasi &gt; 1 m)</i>	50
3. <i>Joint plane orientation (JPO)</i>	
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
4. <i>Specific gravity influence ( SGI )</i> SGI = 25 x SG – 50	
5. <i>Hardness ( H )</i>	1 – 10

Sumber: Lily, 1986

Berdasarkan pembobotan massa batuan seperti di atas, maka dapat diketahui *blastability index* dan faktor batuan sebagai berikut :

- *Blastability Index (BI)* = 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + HD)
- Faktor Batuan (RF) = BI x 0,12

Untuk mengetahui besarnya prosentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus Indeks Keseragaman (n) dan Karakteristik Ukuran (Xc), dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \left( 2,2 - 14 \frac{B}{De} \right) \times \left[ \frac{1 + A'}{2} \right]^{0,5} \times \left( 1 - \frac{W}{B} \right) \times \left( \frac{PC}{L} \right)$$

Dimana :

N = Indeks keseragaman

B = Burden

De = Diameter lubang ledak (mm)

A' = Nisbah spasi dan burden

B = Burden (m)

W = Standar deviasi keakuratan lubang bor

PC = Powder Column (m)

L = Bench Height (m)

Perhitungan nilai karakteristik ukuran ( $X_c$ ) menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

$X_c$  = Karakteristik ukuran (cm)

$X_m$  = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)

Perhitungan prosentase bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{\left(\frac{x}{xc}\right)^n}$$

Dimana :

$R_x$  = Prosentase material yang tertahan pada ayakan (%)

$X_c$  = Karakteristik ukuran (cm)

$X$  = Ukuran ayakan (cm)

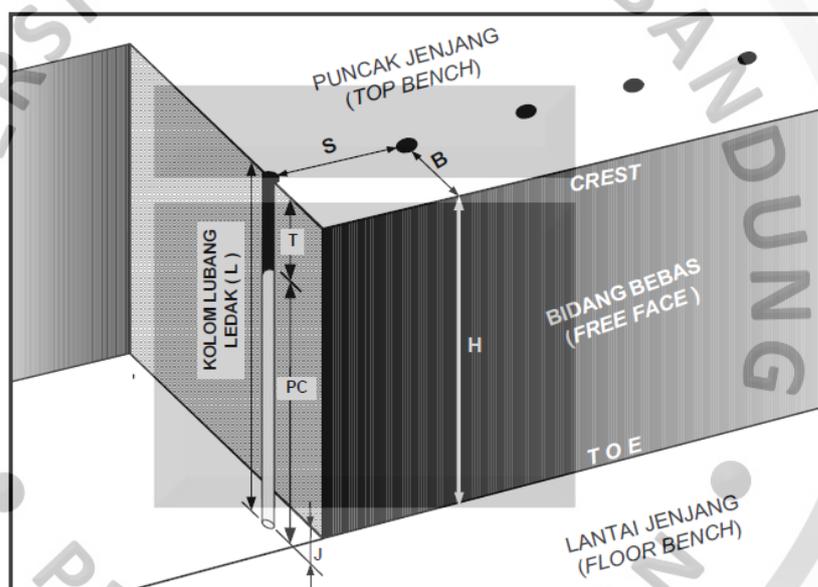
$n$  = Indeks keseragaman

### 3.6 Geometri Peledakan

Kondisi batuan dari suatu tempat ketempat yang lain akan berbeda walaupun mungkin jenisnya sama. Hal ini disebabkan oleh proses genesa batuan yang akan mempengaruhi karakteristik massa batuan secara fisik maupun mekanik. Perlu diamati pula kenampakan struktur geologi, misalnya retakan atau rekahan, sisipan (*fissure*) dari lempung, bidang diskontinuitas dan sebagainya. Kondisi geologi semacam itu akan mempengaruhi kemampu-ledakan (*blastability*). Tentunya pada batuan yang relatif kompak dan tanpa didominasi struktur geologi seperti tersebut di atas, jumlah bahan peledak yang diperlukan akan lebih banyak –untuk jumlah produksi tertentu– dibanding batuan yang sudah ada rekahannya. Jumlah bahan peledak tersebut dinamakan *specific charge* atau *Powder factor* (PF) yaitu jumlah bahan peledak yang dipakai untuk setiap hasil peledakan (kg/m<sup>3</sup> atau kg/ton).

Terdapat beberapa cara untuk menghitung geometri peledakan yang telah diperkenalkan oleh para ahli seperti R.L. Ash (1963) dan C. J. Konya (1972). Cara-cara tersebut menyajikan batasan konstanta untuk menentukan dan menghitung

geometri peledakan, terutama menentukan ukuran burden berdasarkan diameter lubang tembak, kondisi batuan setempat dan jenis bahan peledak. Disamping itu produsen bahan peledak memberikan cara coba-coba (*rule of thumb*) untuk menentukan geometri peledakan. Dengan memahami sejumlah rumus baik yang diberikan oleh para ahli maupun cara coba-coba akan menambah keyakinan bahwa percobaan untuk mendapatkan geometri peledakan yang tepat pada suatu lokasi perlu dilakukan. Karena berbagai rumus yang diperkenalkan oleh para ahli tersebut merupakan rumus empiris yang berdasarkan pendekatan suatu model.



Sumber : Anonim, 2015

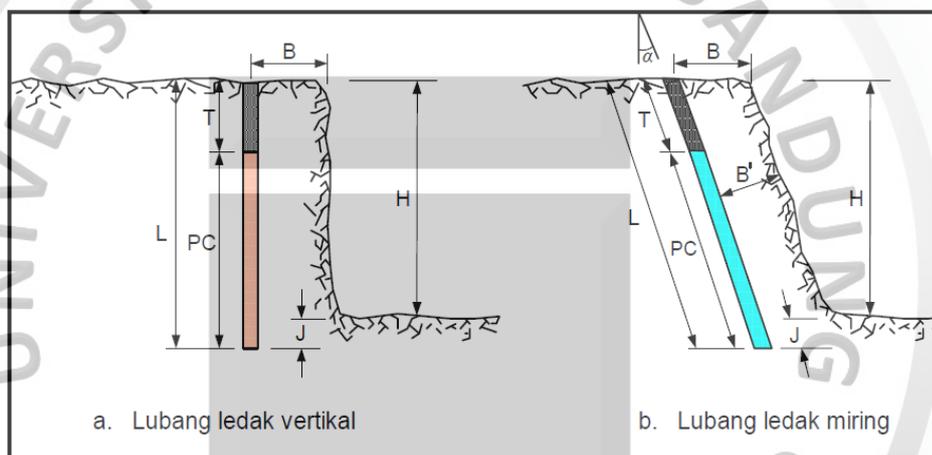
**Gambar 3.9**  
**Teknologi dan Simbul Geometri Peledakan**

Terminologi dan simbul yang digunakan pada geometri peledakan seperti terlihat pada Gambar 3.9 yang artinya sebagai berikut:

- B = burden ; L = kedalaman kolom lubang ledak  
 S = spasi ; T = penyumbat (*stemming*)  
 H = tinggi jenjang ; J = *subdrilling*  
 PC = isian utama (*primary charge* atau *powder column*)

Lubang ledak tidak hanya vertikal, tetapi juga dibuat miring, sehingga terdapat parameter kemiringan lubang ledak. Kemiringan lubang ledak akan memberikan hasil berbeda, baik dilihat dari ukuran fragmentasi maupun arah lemparannya. Untuk memperoleh kecermatan perhitungan perlu ditinjau adanya tambahan parameter geometri pada lubang ledak miring, yaitu : (lihat gambar 3.10)

- $B$  = Burden sebenarnya (*true burden*)
- $B'$  = Burden semu (*apparent burden*)
- $\alpha$  = Sudut kemiringan kolom lubang ledak



Sumber : Anonim, 2015

Gambar 3.10  
Lubang Ledak Vertikal dan Miring

### 3.6.1 Burden ( $B$ )

Burden merupakan jarak antara lubang ledak dengan *free face*. Lubang yang dimaksud merupakan lubang terdekat dari *free face*. Burden dapat dikatakan sebagai dimensi terpenting. Jarak ideal burden terletak antara 20 – 35 ( $kb$ ) yang kemudian dikalikan diameter lubang ledak.

**RL. Ash**

$$\begin{aligned}
 K_{b_{kor}} &= K_{b_{STD}} \times AF_1 \times AF_2 \\
 &= K_{b_{STD}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGe \cdot VoD^2}{SGe_{STD} \cdot VoD_{STD}^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGr_{STD}}{SGr}} \\
 B &= \frac{K_{b_{kor}} \cdot d \cdot \sin \alpha}{12}
 \end{aligned}$$

**CJ. Konya**

$$B = 3,15 \cdot d \cdot \sqrt[3]{\frac{SGe}{SGr}}$$

Dimana :

$K_b$  = Burden ratio 20 - 40

$d$  = Diameter lubang ledak

$\alpha$  = Kemiringan jenjang

$SGe$  = Berat jenis bahan peledak

$SGe_{STD}$  = Berat jenis bahan peledak standard

$SGr$  = Berat jenis batuan

$SGr_{STD}$  = Berat jenis batuan standard

$VOD$  = Kecepatan detonasi bahan peledak

$VOD_{STD}$  = Kecepatan detonasi bahan peledak standard

**3.6.2 Spasi (S)**

Spasi adalah jarak antara lubang bor yang dirangkai dalam satu baris (*row*) dan diukur sejajar terhadap "*pit wall*". Biasanya spasi tergantung pada burden, kedalaman lubang bor, letak primer, waktu tunda dan arah struktur bidang batuan.

Untuk material (batuan) yang homogen  $B = S$ , sedangkan untuk struktur batuan yang kompleks, misalnya orientasi *joint* sejajar dengan jenjang maka burden dapat dirapatkan dan spasi dapat dijarangkan. Bila orientasi *joint* tegak lurus jenjang

maka burden dapat dijarangkan dan spasi agak dirapatkan. Spasi merupakan fungsi dari pada burden dan dihitung setelah burden ditetapkan terlebih dahulu.

**RL. Ash**

$$K_{S_{kor}} = K_{S_{STD}} \times AF_1 \times AF_2$$

$$= K_{S_{STD}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGe \cdot VoD^2}{SGe_{STD} \cdot VoD_{STD}^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGr_{STD}}{SGr}}$$

$$S = K_{S_{kor}} \times B$$
  

**CJ. Konya**

$$S = \frac{H+7B}{8}$$

Dimana :

$K_s$  = Spacing ratio 1 – 2

$B$  = Buerden

$H$  = Tinggi Jenjang

$SGe$  = Berat jenis bahan peledak

$SGe_{STD}$  = Berat jenis bahan peledak standard

$SGr$  = Berat jenis batuan

$SGr_{STD}$  = Berat jenis batuan standard

$VOD$  = Kecepatan detonasi bahan peledak

$VOD_{STD}$  = Kecepatan detonasi bahan peledak standard

### 3.6.3 Stemming (T)

Stemming atau disebut juga collar, adalah isian akhir dari suatu lubang ledak (untuk menutup lubang ledak), harga stemming ini sangat menentukan *stress balance* dalam lubang bor, fungsi lain adalah untuk mengurung gas yang timbul.

Untuk mendapatkan *stress balance* yang tepat maka harga stemming sama dengan burden. Pada batuan kompak, jika perbandingan antara stemming dan burden kurang dari satu maka akan terjadi *cratering* atau *back break*, terutama pada *collar proming*. Biasanya harga standar yang dipakai adalah 0,70 dan ini sudah cukup untuk mengontrol *air blast* dan *stress balance*.

**RL. Ash**

$$KT_{kor} = KT_{STD} \times AF_1 \times AF_2$$

$$= KT_{STD} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGe \cdot VoD^2}{SGe_{STD} \cdot VoD_{STD}^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGr_{SD}}{SGr}}$$

**CJ. Konya**

$$T = KT \times B$$

Dimana :

$Kt$  = Stemming ratio 0,7 - 1

$B$  = Burden

$SGe$  = Berat jenis bahan peledak

$SGe_{STD}$  = Berat jenis bahan peledak standard

$SGr$  = Berat jenis batuan

$SGr_{STD}$  = Berat jenis batuan standard

$VOD$  = Kecepatan detonasi bahan peledak

$VOD_{STD}$  = Kecepatan detonasi bahan peledak standard

### 3.6.4 Subdrilling (J)

*Subdrilling* adalah bagian dari kolom lubang ledak yang terletak dibagian dasar jenjang yang dimaksud untuk menghindari terjadinya *toe* atau tonjolan pada lantai, karena dibagian ini merupakan tempat yang paling sukar diledakkan, dengan demikian, gelombang ledak yang ditimbulkan pada lantai dasar jenjang akan bekerja secara maksimum. Pada lantai jenjang setelah peledakan. Juga dapat didefinisikan sebagai tambahan kedalaman dari pada lubang bor dibawah rencana lantai jenjang.

Jika *subdrilling* berlebih akan menghasilkan *excessive ground vibration*. Dan jika *subdrilling* tidak cukup dapat mengakibatkan problem tonjolan pada lantai (*toe*).

<b><u>RL. Ash</u></b>	
$K_{jkor}$	$= K_{jSTD} \times AF_1 \times AF_2$
	$= K_{jSTD} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGe \cdot VoD^2}{SGe_{STD} \cdot VoD_{STD}^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{SGr_{STD}}{SGr}}$
<b>J</b>	$= K_{jkor} \times B$
<b><u>CJ. Konya</u></b>	
<b>J</b>	$= K_j \times B$

Dimana :

$K_j$  = *Sub-drilling ratio* 0,2 – 0,4

B = Burden

SGe = Berat jenis bahan peledak

SGe<sub>STD</sub> = Berat jenis bahan peledak standard

SGr = Berat jenis batuan

SGr<sub>STD</sub> = Berat jenis batuan standard

VOD = Kecepatan detonasi bahan peledak

VOD<sub>STD</sub> = Kecepatan detonasi bahan peledak standard