

# **BAB I**

## **EFEK PELEDAKAN**

### **1.1. Pendahuluan**

Kriteria operasi peledakan yang paling baik pada kegiatan penambangan adalah efisien, murah dan aman. Adapun penjabaran untuk memenuhi kriteria tersebut adalah :

- Sasaran produksi terpenuhi
- Efisiensi bahan peledak tinggi yang dinyatakan dalam blasting ratio atau powder factor
- Tidak banyak terjadi kehilangan (looses)
- Fragmentasi hasil peledakan seragam
- Tidak mengganggu lingkungan, antara lain:
  - tingkat getaran kecil
  - tidak terjadi batu terbang
  - gangguan suara

Efek peledakan yang dimaksud adalah pengaruh adanya peledakan terhadap lingkungan sekitarnya dengan keamanan, yaitu:

- Ground vibration (getaran tanah)
- Air blast (suara ledakan)
- Fly rock (batu terbang)

### **1.2. Latar Belakang Teori**

#### **1.2.1. Ground Vibration (Getaran Tanah)**

Getaran tanah (ground vibration) terjadi pada daerah elastis. Pada daerah ini tegangan yang diterima mineral lebih kecil dan kuat tarik mineral sehingga hanya menyebabkan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali pada keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja. Perhitungan besarnya getaran yang ditimbulkan akibat dari peledakan menurut teori Berta (1990).

Tinjauan hukum *Scaled Distance* pada kegiatan peledakan menyangkut beberapa faktor yang berhubungan dengan perkiraan tingkat getaran peledakan berdasarkan pada berat isian bahan peledak dan jarak suatu bangunan atau daerah dari tempat peledakan. Cara praktis dan efektif untuk mengontrol getaran adalah dengan menggunakan *Scaled Distance* yang memungkinkan pelaksana di lapangan menentukan jumlah isian bahan peledak atau jarak aman yang digunakan agar menghasilkan getaran peledakan yang diijinkan.

Peledakan tunda (*delay blasting*) adalah suatu teknik peledakan dengan cara meledakkan sejumlah muatan bahan peledak tidak sebagai suatu seri dari muatan-muatan yang lebih kecil. Getaran yang dihasilkan dari getaran tunda merupakan kumpulan dari getaran-getaran kecil dan bukan satu getaran besar. Peledakan tunda mengurangi tingkat getaran setiap waktu tunda menghasilkan masing-masing gelombang seismik yang kecil dan terpisah. Gelombang hasil peledakan tunda pertama telah merambat pada jarak tertentu sebelum peledakan tunda selanjutnya terjadi.

Dalam menentukan jumlah muatan bahan peledak agar tidak menimbulkan getaran yang dapat merusak suatu struktur bangunan harus diperhatikan dua hal :

- Besaran getaran yang merupakan fungsi dari jumlah bahan peledak, jarak struktur dari titik ledak, dan sifat media penghantar gelombang.
- Kriteria kerusakan struktur itu sendiri, misalnya perpindahan maksimum yang masih diijinkan, kecepatan dan percepatan partikel maksimum.

Mengingat belum adanya teori yang tepat dalam menentukan besarnya getaran pada berbagai jarak dengan memperhitungkan semua sifat-sifat terpenting batuan, maka salah satu jawaban yang dapat diambil adalah penyelesaian secara empiris, dengan mengambil asumsi :

- Massa batuan bersifat elastis, homogen, dan isotrop.
- Rambatan gelombang yang terjadi mempunyai bentuk muka gelombang yang datar dengan pulsa berbentuk sederhana (bujur sangkar atau persegi empat).
- Jenis gerakan partikel yang terjadi adalah gerak harmonis sederhana.
- Energi yang dihasilkan bahan peledak setara dengan beratnya.

Berdasarkan asumsi diatas, dengan melakukan analisis dimensional berdasarkan teori *Buckingham*, terlihat bahwa ada hubungan antara jarak dari titik ledak dengan energi yang dihasilkan dalam peledakan, yaitu pengaruh jarak akan setara dengan akar pangkat tiga dari energi peledakan. Apabila energi dalam hal ini diekuivalensikan dengan jumlah bahan peledak, maka parameter yang dihasilkan yaitu SD (*Scaled Distance*) dapat digunakan sebagai salah satu variabel penentu dalam perkiraan getaran akibat peledakan.

Hukum SD untuk kontrol getaran akibat peledakan ada dua macam :

1. Menurut analisis dimensional, SD dinyatakan sebagai :

$$CRSD = \frac{R}{W^{1/3}}$$

Keterangan: CRSD = cube root scaled distance,  $ft/lb^{1/3}$

R = jarak dari sumber ledak, feet

W = berat isian bahan peledak per delay, lb

Hukum CRSD ini digunakan untuk pendugaan kerusakan struktur bangunan akibat peledakan pada jarak < 20 meter dari sumber ledakan.

2. Menurut USBM (*United State Bureau of Mine*), SD dinyatakan sebagai :

$$SRSD = \frac{R}{W^{1/2}}$$

Keterangan : SRSD = square root scaled distance,  $fb/lb^{1/2}$

R = jarak dari sumber ledak, feet

W = berat isian bahan peledak per delay, lb

Hukum SRSD ini digunakan untuk pendugaan kerusakan struktur bangunan akibat peledakan pada jarak > 20 meter dari sumber ledakan.

Perhitungan SD akan menghasilkan suatu angka tertentu yang digunakan untuk memperkirakan tingkat getaran peledakan, apabila tidak ada pengukuran seismik. Menurut Nicholls, Johnson, dan Duval dalam Buletin USBM, 656 (1971) SD yang disarankan sebagai batas aman adalah minimal 50, jika alat seismograf tidak dipergunakan atau tidak tersedia. Tingkat getaran pada SD tersebut berkisar antara 0,08 – 0,15 ips. Secara umum harga SD yang besar ( $SD > 50$ ) menunjukkan kondisi getaran yang aman atau kerusakan yang terjadi kecil.

**Tabel 1.2.1**  
**Pengaruh Getaran Tanah terhadap Kerusakan berdasarkan Kecepatan Partikel**

Kecepatan (inch/second)	Kerusakan
< 2,8	No damage
4,3	Fine cracks
6,3	Cracking
9,1	Serious cracking

Kecepatan partikel dapat juga ditentukan dengan persamaan dari konya sebagai berikut :

$$v = 100 (d/W^{0,5})^{-1,6}$$

keterangan :

v = kecepatan partikel, (ips)

d = jarak dari pusat ledakan ke bangunan, (ft)

w= berat isian bahan peledak per delay, (lb)

### 1.2.2 Air Blast (Suara Ledakan)

Suara ledakan (Air Blast) adalah suara yang ditimbulkan oleh atau pada saat terjadi ledakan. *Air Blast* tidak seperti yang didengarkan seperti biasa, tetapi merupakan gelombang tekanan yang terjadi pada atmosfer yang terindikasikan oleh frekuensi tinggi, frekuensi rendah bahkan yang tidak terdengar sekalipun.

*Air Blast* diukur dengan satuan dB atau psi, dihitung dengan rumus :

$$dB = 20 \log (P/P_0)$$

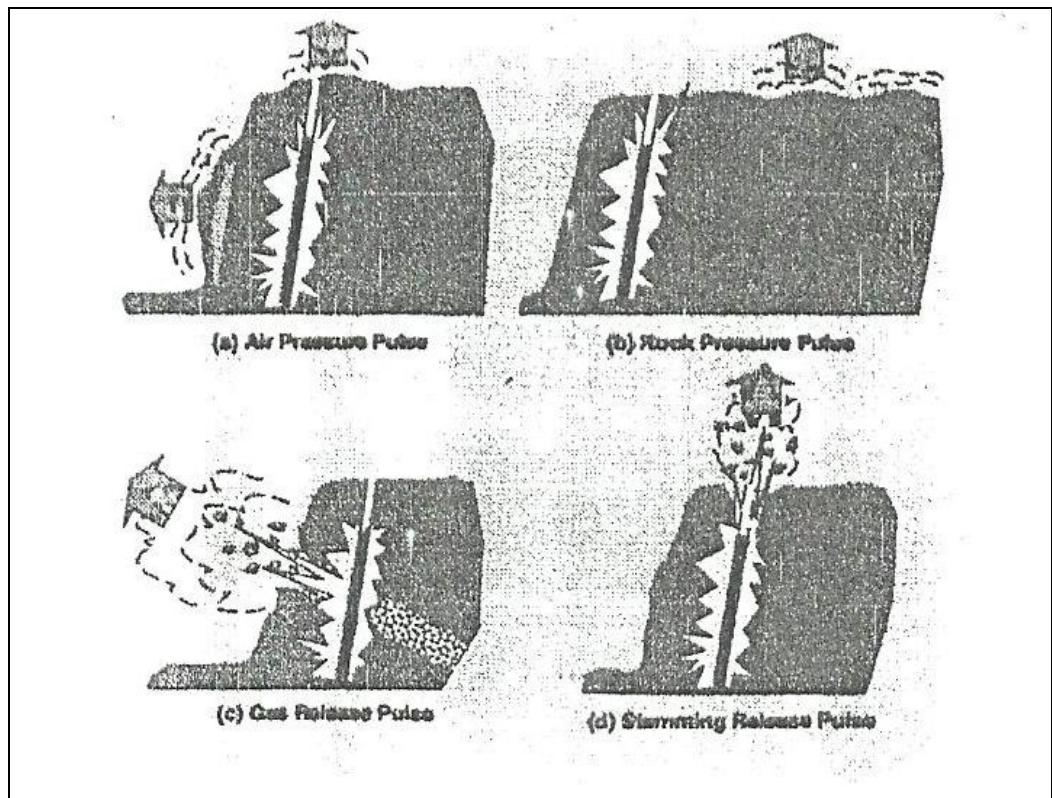
dengan :

- dB = level suara (dB)
- P = overpressure (psi),
- P<sub>0</sub> = overpressure pada suara yang paling lemah dapat terdengar  
2,9 x 10<sup>-9</sup>psi atau 2 x 10<sup>-10</sup> bar
- P = pressure,psi atau bar  
25,57 (W<sup>1/3</sup>/ d), psi atau P = 0,7 (W<sup>1/3</sup>/ d), bar
- W = berat bahan peledak per delay, (lb) atau (kg),
- d = jarak aman dari pusat ledakan ke bangunan, (ft) atau (m)

**Tabel 1.2.2**  
**Batas Level Suara**

Condition	dB	psi
Safe	128	0,007
Coution	128-136	0,007-0,018
Limit	> 136	> 0,18

dB	kPa	Airblast effect
177	14	All windows break
170	6,3	Most windows break
150	0,63	Some windows break
140	0,20	Some large plate glass windows may break
136	0,13	USBM interim limit for allowable
128	0,05	Complaints likely



**Gambar 1.2.1**  
**Sources of Air Blast**

### 1.2.3. Fly Rock (Batu Terbang)

Batu terbang yaitu batu yang terlempar secara liar pada saat terjadi peledakan. Batu terbang dapat terjadi oleh beberapa sebab, antara lain karena :

- penempatan lubang bor tidak tepat
- kesalahan pola penyalaan
- rantai jenjang kotor
- evaluasi pemboran tidak tepat
- kesalahan penyambungan
- jumlah isian terlalu banyak
- karena ada struktur retakan, kekar, dan sebagainya.

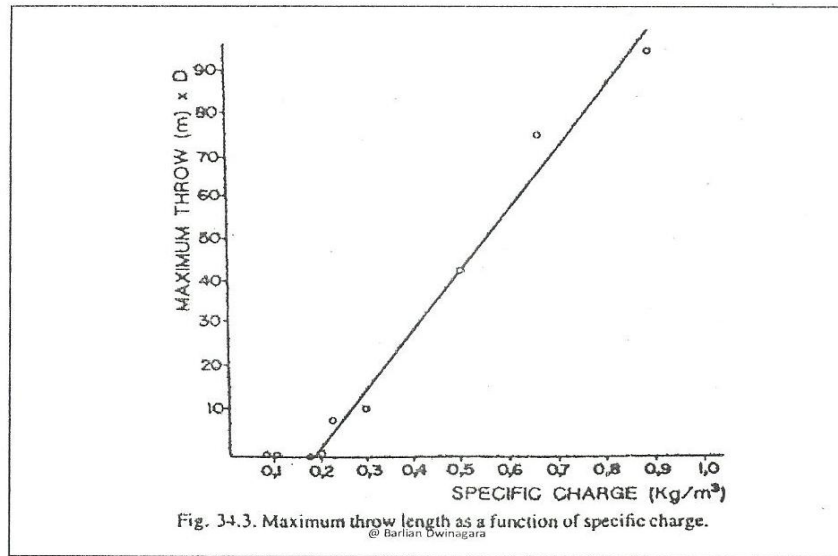
*Swedish Detonie Research Foundation* (1975) mengemukakan teorinya dalam menghitung jarak maksimum yang terjadi pada fragmentasi batuan pada kondisi optimum. Pada gambar 9.2 diperlihatkan hubungan antara jarak maksimum

lemparan batuan dengan *specific charge* (*loading density*). Untuk contoh perhitungan, jika *specific charge* 0,5 kg/m<sup>3</sup> maka lemparan maksimum yang terjadi adalah :

$$L_{\max} = 40 \times D$$

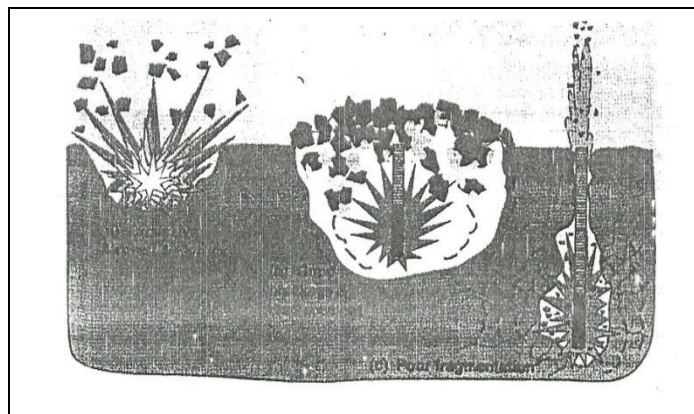
Dan diameter lubang ledak 4 inch maka :  $L_{\max} = 40 \times 4'' = 160 \text{ m}$

Diameter fragmen batuan :  $T_b = 0,1 \times D^{2/3} = 0,1 \times 4^{2/3} = 0,25 \text{ m}$



**Gambar 1.2.2**

**Hubungan antara Jarak Maksimum Lemparan Batuan dengan *Specific charge***



**Gambar 1.2.3**

**Effect of Correct / Incorrect Stemming**

### 1.3 Diskripsi

Urutan percobaan :

- Memperhatikan design peledakan yang telah dilakukan pada praktikum sebelumnya
- Berapa muatan per delay
- Menghitung scaled distance jika jarak terdekat dengan struktur 1 km
- Menghitung berapa jarak lemparan maksimum untuk batu terbang dan berapa diameternya

### 1.4 Pembahasan

Suara ledakan (Air Blast) adalah suara yang ditimbulkan oleh atau pada saat terjadi ledakan. Jarak maksimum lemparan batu dapat ditentukan berdasarkan diameter lubang ledak dan specific charge dengan menggunakan grafik.

Diketahui : Scale Distance : 50 m  
Berat bahan peledak

- 50 kg
- 40 kg
- 30 kg

Ditanya : R. . . . ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a) SD} &= \frac{R}{W^{0,5}} \\ 50 &= \frac{R}{50^{0,5}} \\ R &= 7,07 \times 50 \text{ m} \\ &= 353,55 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, dengan Scale Distance 50 m dengan berat bahan peledak 50 kg maka menghasilkan jarak aman 353,55 m dari pusat peledakan.

$$\begin{aligned} \text{b) SD} &= \frac{R}{W^{0,5}} \\ 50 &= \frac{R}{40^{0,5}} \end{aligned}$$



$$R = 6,32 \times 50 \text{ m}$$

$$= 316,23 \text{ m}$$

Jadi, dengan Scale Distance 50 m dengan berat bahan peledak 40 kg maka menghasilkan jarak aman 316,23 m dari pusat peledakan.

$$\text{c) } SD = \frac{R}{W^{0,5}}$$

$$50 = \frac{R}{30^{0,5}}$$

$$R = 5,48 \times 50 \text{ m}$$

$$= 273,86 \text{ m}$$

Jadi, dengan Scale Distance 50 m dengan berat bahan peledak 30 kg maka menghasilkan jarak aman 273,86 m dari pusat peledakan.

## 1.5 Kesimpulan

Area bebas (clear area) untuk aktivitas peledakan adalah :

- Untuk manusia jarak minimal 500 m dari titik peledakan
- Harus menempatkan shelter tidak di depan bidang bebas dengan jarak minimum 200 m
- Untuk juru ledak dapat berada pada jarak minimal 200 m dari titik peledakan dengan syarat berada pada tempat berlindung yang aman dari lontaran batu
- Untuk jarak aman alat ditentukan oleh kepala teknik
- Menggambarkan jarak-jarak aman (posisi road guard) tersebut ke dalam peta kerja
- Suatu sistem (memakai peta yang dicantumkan radius 200 m dan 500 m, mengukur secara fisik di lapangan, misalnya) harus dilakukan untuk memperoleh jarak area bebas yang benar di lapangan.

## BAB II

### TIE IN UNDERGROUND BLASTING

#### 2.1 Pendahuluan

Pada sistem peledakan terdapat 2 kondisi peledakan yaitu, kondisi peledakan bawah tanah dan peledakan permukaan, dimana perbedaan tersebut didasarkan atas :

- Peledakan bawah tanah dilakukan ke arah 1 bidang bebas (*free face*), sedangkan peledakan di permukaan dilakukan ke arah 2 bidang atau lebih.
- Tempat peledakan atau ruang bawah tanah lebih terbatas. Oleh karena itu perlu dibuat suatu bidang bebas (*secondary free face*)

Factor - factor utama dalam perancangan peledakan bukaan terowongan (*development*) adalah

- tipe ledakan
- diameter lubang bor
- pola lubang, nomor, dan kedalaman
- jumlah isian per lubang
- ciri – ciri dan ketidakseragaman batuan
- penyalaan dan diagram rangkaian kawat

Peledakan terowongan diperlukan cut untuk membuat bidang bebas atau *free face* yang dalam pelaksanaannya peledakan pada area cut diledakkan terlebih dahulu. Setelah bukaan cut terbentuk, maka peledakan diikuti dengan lubang stoping yang mengarah ke arah cut yang diikuti dengan ledakan pada lubang atap (*roof holes / back holes*), lubang dinding (*rib holes / wall holes*), dan lubang lantai (*lifter holes*). Area perimeter mencakup area pada lubang ledak *back holes* dan *rib holes*, dimana pada area tersebut dilakukan *presplitting* dan *smooth blasting* untuk menghasilkan permukaan terowongan yang sesuai dengan standar.

Berbagai macam bentuk cut yang dipergunakan untuk membuat terowongan diantaranya adalah : parallel hole cut yang merupakan pengembangan dari burn cut dimana cut hole dibuat tegak lurus terhadap permukaan terowongan, V-cut adalah cut hole yang ujung lubang bor saling bertemu tetapi tidak pada satu titik, dan fan cut adalah cut holes yang berbentuk kipas. Cut yang dipergunakan untuk terowongan pada umumnya adalah parallel hole cut yang merupakan lubang cut yang berbentuk burn cut yang mempunyai lubang kosong lebih dari satu. Penempatan cut dapat dilakukan di sembarang tempat, tetapi cut mempengaruhi arah lemparan, konsumsi bahan peledak, dan jumlah lubang dalam setiap round.

## 2.2 Latar Belakang Teori

Peledakan khususnya peledakan bawah tanah, sebelum dilakukan peledakan haru diperhatikan beberapa hal yaitu :

- Tegangan insitu
- Air tanah
- Arah ledakan 1 – 2 maksimum bidang bebas
- Terbatas ruang, udara, penerangan
- Specific charge 3 – 10 kali > Specific charge permukaan
- Cut : burn cut, wedge cut
- Look out

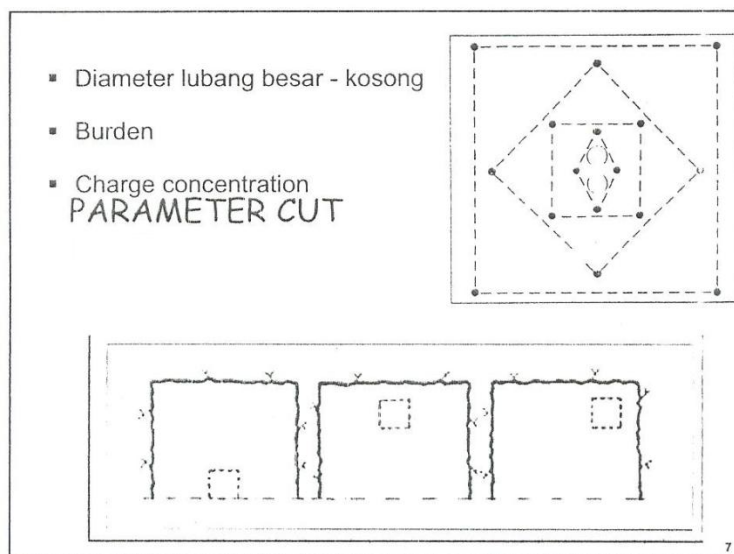
Pada peledakan bawah tanah terdapat tahapan – tahapan yang disebut “siklus penerowongan“, dimana siklus tersebut ialah :

- Pemboran
- Pemuatan
- Peledakan
- Pembersihan asap (ventilasi)
- Scalling – grouting (pembersihan sisa-sisa batuan hasil peledakan yang masih ada di dinding terowongan hasil peledakan)
- Penyanggaan (apabila kondisi terowongan hasil memerlukan penyangga)
- Pemuatan & dan pengangkutan
- Persiapan pemboran selajutnya

Peledakan terowongan diperlukan cut untuk membuat bidang bebas atau free face yang dalam pelaksanaannya peledakan pada area cut diledakkan terlebih dahulu. Setelah bukaan cut terbentuk, maka peledakan diikuti dengan lubang stoping yang mengarah ke arah cut yang diikuti dengan ledakan pada lubang atap ( roof holes / back holes ), lubang dinding ( rib holes / wall holes ), dan lubang lantai ( lifter holes ). Area perimeter mencakup area pada lubang ledak back holes dan rib holes, dimana pada area tersebut dilakukan presplitting dan smooth blasting untuk menghasilkan permukaan terowongan yang sesuai dengan standar.

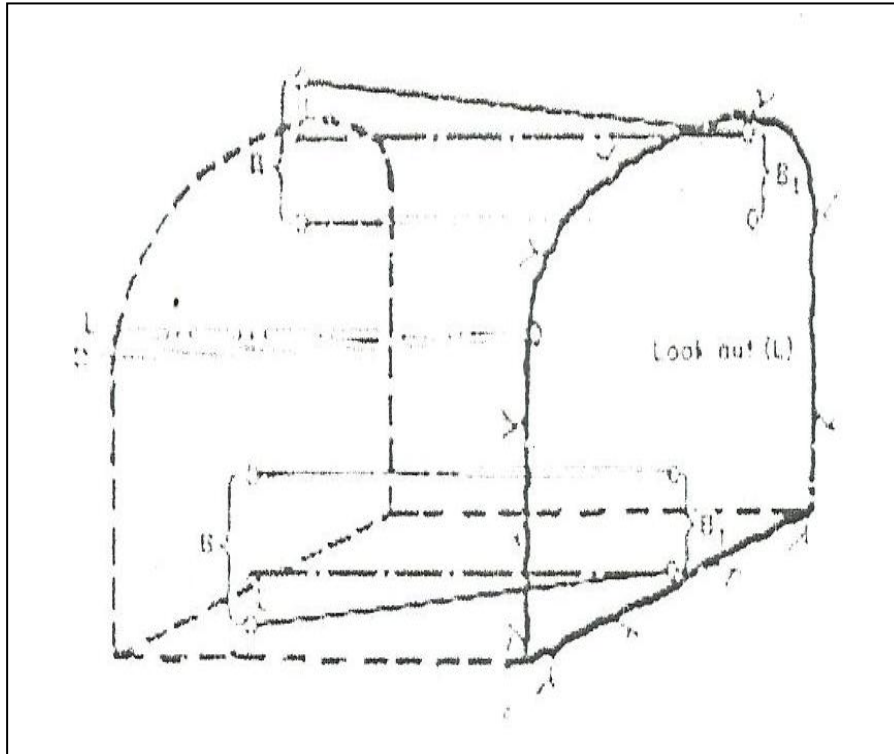
Berbagai macam bentuk cut yang dipergunakan untuk membuat terowongan diantaranya adalah : parallel hole cut yang merupakan pengembangan dari burn cut dimana cut hole dibuat tegak lurus terhadap permukaan terowongan, V-cut adalah cut hole yang ujung lubang bor saling bertemu tetapi tidak pada satu titik, dan fan cut adalah cut holes yang berbentuk kipas.

Cut yang dipergunakan untuk terowongan pada umumnya adalah parallel hole cut yang merupakan lubang cut yang berbentuk burn cut yang mempunyai lubang kosong lebih dari satu. Penempatan cut dapat dilakukan di sembarang tempat, tetapi cut mempengaruhi arah lemparan, konsumsi bahan peledak, dan jumlah lubang dalam setiap round, oleh karena itu cut diletakkan di tengah penampang dan agak ke bawah, cut diposisikan tinggi untuk memudahkan pemuatan hasli peledakan, dan umumnya posisi cut di deretan lubang tembak pertama di atas terowongan.



**Gambar 2.2.1**

**Cut Lubang Tembak Bawah Tanah**



**Gambar 2.2.2**

**Look out 10 cm + 3 cm/m x Kedalaman Lubang**

Large hole cut adalah jenis cut dimana jumlah cut hanya 1 dengan diameter yang besar. Umumnya large hole cut dipakai terdiri dari satu atau lebih lubang kosong yang berdiameter besar dikelilingi oleh lubang – lubang berdiameter kecil yang berisi muatan bahan peledak. Ukuran lubang cut juga mempengaruhi keberhasilan suatu peledakan round semakin besar dan semakin dalam lubang kosong maka kemajuan makin besar. Bila menggunakan beberapa lubang kosong, maka dihitung terlebih dahulu lubang samarannya ( fictious diameter )

$$D = d\sqrt{n}$$

Keterangan:

- D = Diameter lubang samaran
- d = Diameter lubang kosong
- n = Jumlah lubang

Agar peledakan berhasil dengan baik (cleaned blast) maka jarak antar lubang ledak dengan lubang kosong, tidak boleh lebih besar daripada 1,5 kali diameter lubang kosong. Apabila jaraknya lebih besar hanya akan menimbulkan kerusakan (breakage) dan apabila jaraknya terlalu dekat ada kemungkinan lubang ledak bertemu dengan lubang besar kosong.

$$a = 1.5 \Phi$$

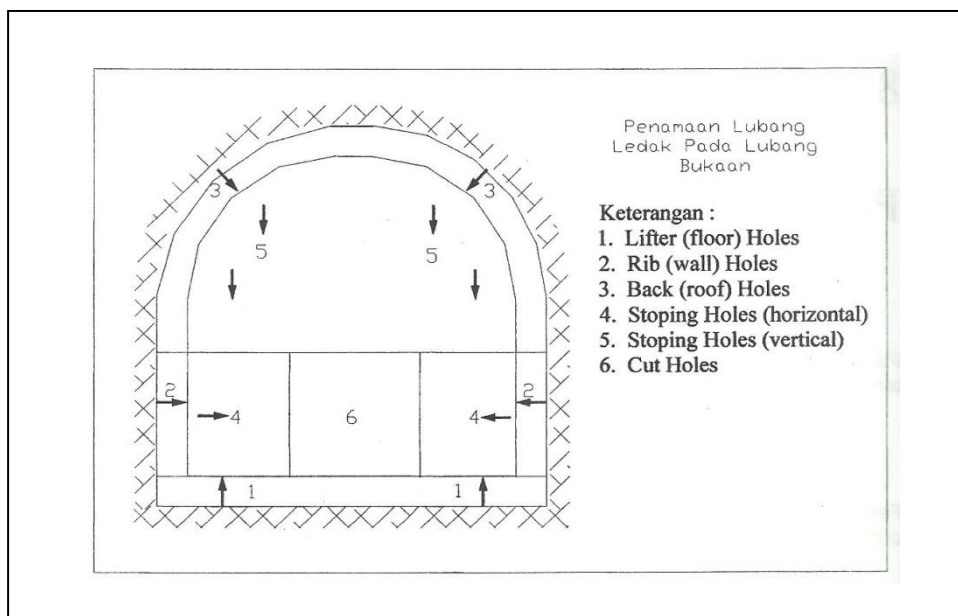
$$a = 1.5 D$$

keterangan :

a = jarak antara titik pusat lingkaran lubang besar dengan lubang tembak

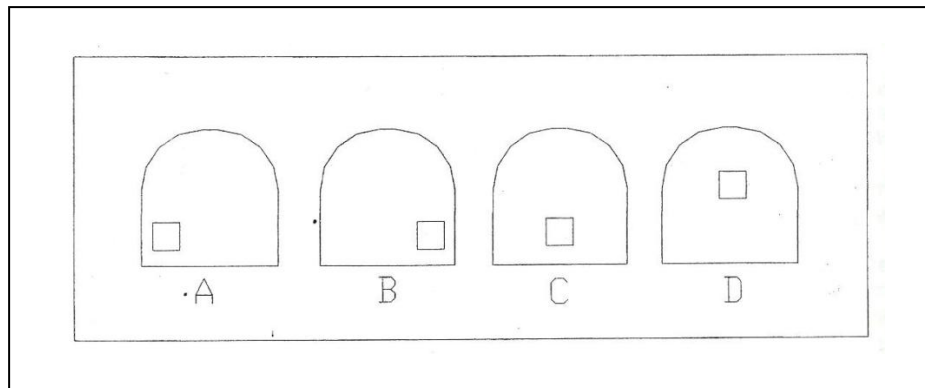
$\Phi$  = diameter lubang besar

D = diameter samaran

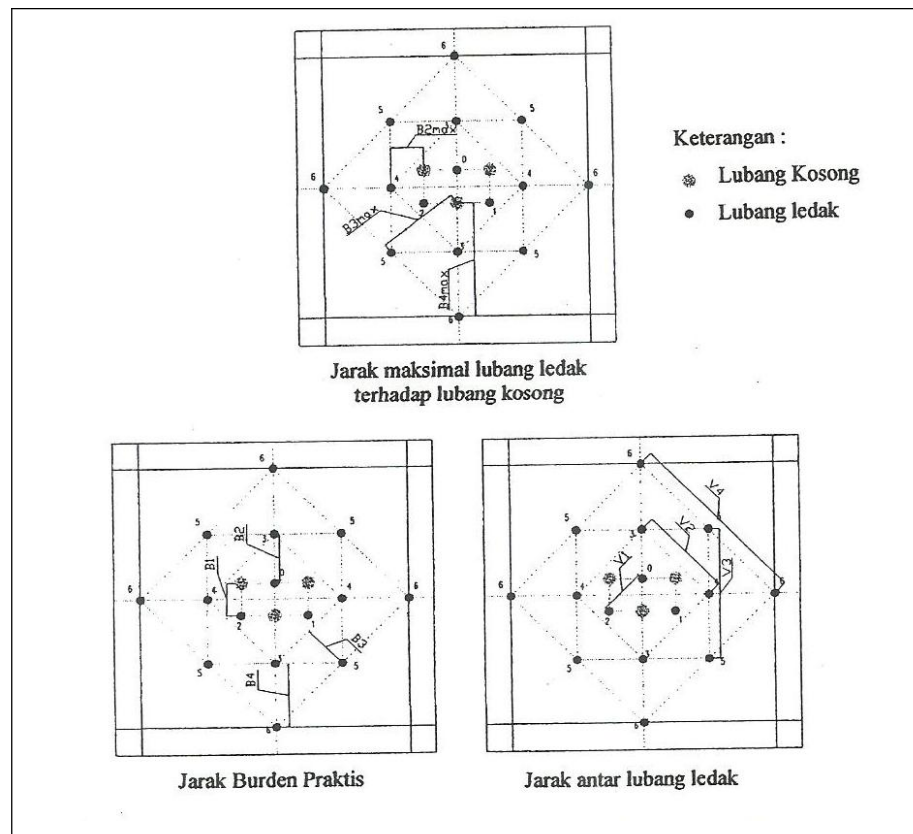


**Gambar 2.2.3**

**Penamaan Lubang Tembak pada Peledakan Terowongan**



**Gambar 2.2.4**  
**Posisi Penempatan *Cut Holes***



**Gambar 2.2.5**  
**Pola Pemboran *Burn Cut* dengan “Tiga *Cut Holes*”**

Pada peledakan bawah tanah pada umumnya pola lubang ledaknya berupa bujur sangkar. Pemuatan lubang tembak dalam bujur sangkar pertama harus sesuai dengan round yang akan diledakkan. Apabila muatan bahan peledak (harge concentration) sedikit, maka batuan tidak akan terbongkar. Apabila muatan bahan peledak banyak tidak akan terjadi blow out melalui lubang kosong sehingga terjadi pemadatan kembali batuan yang telah terpecahkan dan efisiensi kemajuan rendah. Kebutuhan muatan bahan peledak untuk berbagai jarak C – C (pusat ke pusat) antara lubang kosong dan lubang tembak terdekat dapat dihitung sebagai berikut :

Bujursangkar I

$$a = 1.5 \Phi$$

$$W_1 = a\sqrt{2}$$

**Tabel 2.2.1**

**Cut I**

$\Phi$ mm	76	89	102	127	150
a mm	110	130	150	190	230
$W_1$ mm	150	180	210	270	320

Bujur sangkar II

$$B_1 = W_1$$

$$C - C = 1.5 W_1$$

$$W_2 = 1.5 W_1 \sqrt{2}$$

**Tabel 2.2.2**

**Cut II**

$\Phi$ mm	76	89	102	127	159
$W_1$ mm	150	180	210	270	320
C-C mm	225	270	310	400	480
$W_2$ mm	320	380	440	560	670



Bujursangkar III

$$B_2 = W_2$$

$$C-C = 1.5 W_2$$

$$W_3 = 1.5 W_2 \sqrt{2}$$

**Tabel 2.2.3**

**Cut III**

$\Phi$ mm	76	89	102	127	159
$W_2$ mm	320	380	440	560	670
C-C	480	570	660	840	1000
$W_3$ mm	670	800	930	1180	1400

Bujursangkar IV

$$B_3 = W_3$$

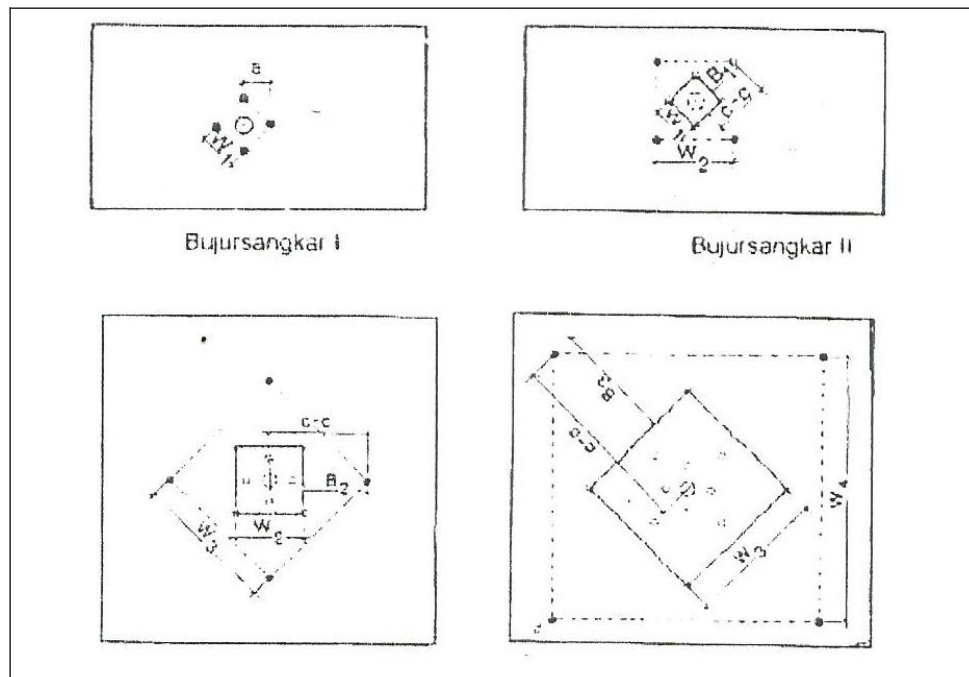
$$C - C = 1.5W_3$$

$$W_4 = 1.5 W_3 \sqrt{2}$$

**Tabel 2.2.4**

**Cut IV**

$\Phi$ mm	76	89	102	127	159
$W_3$ mm	320	380	440	560	670
C-C	480	570	660	840	1000
$W_4$ mm	670	800	930	1180	1400



**Gambar 2.2.6**  
**Geometri Bujursangkar**

Stemming cut adalah kolom pada lubang tembak yang berisi material penutup bahan peledak, stemming pada umumnya adalah material hasil pemboran lubang ledak.

$$h_0 = 0.5 B$$

### 2.3 Diskripsi

Merangkai (Tie In) instalasi peledakan pada bidang / face terowongan.

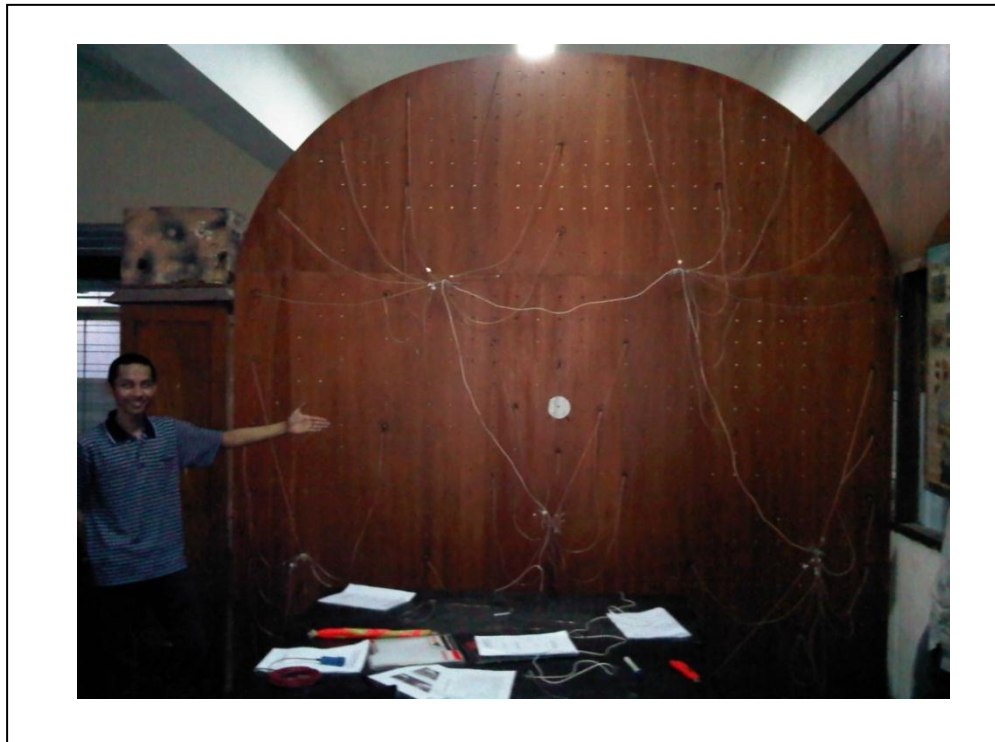
Peralatan :

- Dummy detonator nonel
- Peralatan dan perlengkapan peledakan
- Dummy bidang / face terowongan

Urutan percobaan :

- Membuat perhitungan rancangan peledakan bawah tanah, dengan parameter desain ditentukan sendiri.

- Membuat rangkaian instalasi peledakan pada terowongan bawah tanah.
- Menentukan pola peledakannya.



**Gambar 2.3.1**  
**Pola Peledakan**

#### **2.4 Pembahasan**

Cut terowongan : circular cut atau large hole cut atau pararel hole cut. Pemboran horisontal tegak lurus pada permukaan batuan. Lubang dibor pararel satu dengan yang lainnya, dan peledakan diarahkan ke lubang kosong yang bertindak sebagai bukaan. Posisi cut dapat sembarang tetapi mempengaruhi lemparan, PF, dan jumlah lubang ledak. Agar arah ledakan ke depan dan tumpukan di tengah, cut diletakkan di tengah-tengah penampang dan agak ke bawah. Posisi cut tinggi memudahkan pemuatan hasil peledakan. Umumnya posisi cut di deretan lubang tembak pertama di atas terowongan.

## 2.5 Kesimpulan

Perencanaan pola penyalaan pada peledakan bawah tanah dilakukan agar pada setiap lubang ledak mempunyai free breakage. Oleh karena ketentuan umum pada perencanaan pola penyalaan adalah sebagai berikut:

- Minimum angle of breakage dalam daerah cut sekitar  $50^\circ$ .
- Minimum angle of breakage daerah stoping adalah  $90^\circ$ .
- Berlaku waktu tunda antar lubang – lubang cukup panjang.
- Waktu tunda antar lubang di daerah cut harus cukup panjang agar ada waktu untuk memecah batuan dan melempar batuan melalui lubang kosong. Kecepatan lemparan batuan 40 – 60 meter/detik.
- Cut untuk clean blast dengan depth hole = 4m perlu waktu tunda 60 -100 ms (biasanya 75 – 100 ms). Dua bujursangkar pertama hanya memakai 1 detonator/waktu tunda. Dua bujursangkar selanjutnya memakai 2 detonator/waktu tunda.
- Waktu tunda daerah stoping harus cukup panjang agar batuan dapat keluar ( 100 – 500 ms ).
- Waktu tunda antar lubang pada kontur harus sekecil mungkin agar dapat dihasilkan efek peledakan yang rata.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Inmarlinianto, Singgih Saptono (2003), *Praktikum Teknik Peledakan*, Buku Petunjuk, Laboratorium Pemboran & Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
2. Koesnaryo S, (2001), *Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak*, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
3. Barlian (2010), *Praktikum Teknik Peledakan*, Buku Petunjuk, Laboratorium Pemboran & Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.

# LAMPIRAN