

BAB VI

TOPIK KHUSUS (*BLASTING*)

6.1 Pendahuluan

Blasting (peledakan) adalah salah satu metode penting dalam pekerjaan teknik sipil, terutama dalam proyek konstruksi jalan, tambang, dan penggalian batuan. Proses ini melibatkan penggunaan bahan peledak untuk menghancurkan atau memecah batuan keras yang sulit diatasi dengan metode konvensional. Dalam konteks konstruksi jalan, seperti pada proyek JLS Lot. 3 Pantai Serang - Summersih, *blasting* digunakan untuk membuka jalur di daerah berbatu, meratakan permukaan tanah, dan menciptakan pondasi yang sesuai untuk pembangunan infrastruktur.

Teknik *blasting* memerlukan perencanaan matang, penggunaan bahan peledak yang tepat, dan prosedur keselamatan yang ketat untuk menghindari dampak negatif terhadap lingkungan maupun masyarakat sekitar. Dengan kemajuan teknologi, metode ini semakin efisien dan aman untuk diterapkan, memberikan solusi praktis dalam mengatasi tantangan geologi yang kompleks.

Tujuan dilakukan kegiatan *blasting* yaitu untuk:

1. **Fragmentasi Batuan**
Memecah batuan besar menjadi ukuran yang lebih kecil untuk mempermudah pengangkutan, penanganan, atau penggunaan lebih lanjut, seperti untuk timbunan trase.
2. **Membuka Akses Lokasi**
Membuka jalur yang terhalang oleh batuan keras sehingga memungkinkan pembangunan jalan lebih mudah.
3. **Menghemat Waktu dan Biaya**
Mengurangi waktu dan tenaga dibandingkan metode mekanis seperti menggunakan *Breaker* atau pemotongan manual, terutama pada area dengan batuan keras.
4. **Meratakan Permukaan**
Menciptakan permukaan tanah yang lebih rata atau sesuai dengan desain konstruksi, mendukung keberlanjutan proses pembangunan jalan.
5. **Meningkatkan Efisiensi Kerja**
Menggunakan energi ledakan untuk memindahkan volume material dalam jumlah besar sekaligus, yang sulit dicapai dengan alat berat saja.
6. **Menyesuaikan Kontur dengan Desain**
Menyesuaikan topografi asli dengan desain proyek tanpa memerlukan pekerjaan tambahan yang memakan waktu lebih lama.
7. **Mendukung Stabilitas Proyek**
Meningkatkan stabilitas konstruksi jalan dengan memastikan penghilangan batuan yang dapat menghambat pengerjaan atau berpotensi berbahaya di masa depan.

6.2 Proses Pelaksanaan

Pelaksanaan *blasting* di proyek konstruksi jalan, seperti JLS (Jalur Lintas Selatan) Lot. 3 Pantai Serang - Summersih, melibatkan beberapa tahap dan prosedur khusus untuk memastikan kelancaran dan keamanan proyek. Pada umumnya, jalan di daerah pegunungan atau berbatu keras membutuhkan peledakan untuk memecah batuan besar agar jalan dapat dibangun sesuai desain. Berikut adalah gambaran umum tentang proses pelaksanaan peledakan di proyek tersebut:

6.2.1 Persiapan Awal

a. Studi Lokasi

- Tujuan: Memahami kondisi geologi dan topografi area proyek.
- Kegiatan:
 - Survei geoteknik untuk menentukan jenis batuan.
 - Identifikasi area kritis, seperti pemukiman, infrastruktur penting, atau ekosistem sensitif.
 - Penentuan lokasi *blasting* yang aman dengan mempertimbangkan jarak ke area berisiko.

b. Izin dan Perencanaan

- Izin Resmi:
 - Mendapatkan izin dari pemerintah setempat (Dinas Lingkungan Hidup dan instansi terkait).
 - Persetujuan dari masyarakat sekitar untuk operasi peledakan.
- Dokumen Perencanaan:
 - Desain teknis, termasuk pola pengeboran, kedalaman pengeboran dan jumlah bahan peledak yang akan digunakan.
 - Analisis dampak lingkungan (AMDAL) yang mencakup mitigasi getaran, kebisingan, dan debu.

6.2.2 Tahap Pengeboran



Gambar 6.1 Pengeboran Lubang Peledakan

a. Penentuan Pola Lubang Bor (*Drill Pattern*)

- Desain:
 - Jarak antar lubang bor dan kedalamannya disesuaikan dengan jenis batuan dan hasil fragmentasi yang diinginkan.
 - Lubang bor biasanya dibuat dengan diameter 76 – 115 mm, tergantung pada peralatan yang digunakan.

b. Proses Pengeboran

- Menggunakan alat pengeboran seperti CRD untuk membuat lubang sesuai desain.
- Pengukuran kedalaman dan arah lubang dilakukan dengan akurasi tinggi untuk memastikan ledakan terkontrol.

6.2.3 Pengisian Bahan Peledak



Gambar 6.2 Pengisian Bahan Peledak

a. Jenis Bahan Peledak

- Bahan yang umum digunakan:
 - ANFO (*Ammonium Nitrate Fuel Oil*): Cocok untuk batuan keras dan efisien secara biaya.
 - Emulsi Peledak: Dipilih untuk kontrol dampak lingkungan karena residu rendah.

b. Pemasangan Detonator

- Detonator Elektrik atau Nonel (*Non-electric*): Dipasang pada setiap lubang bor untuk mengontrol waktu peledakan.
- Prosedur Keamanan:
 - Kabel detonator dihubungkan dengan sistem pemacu utama.
 - Pemeriksaan ulang semua koneksi sebelum diaktifkan.

6.2.4 Pengamanan Area

- Radius Aman: Menentukan zona bahaya (*blast zone*), biasanya 300–500 meter, tergantung skala peledakan.
- Peringatan kepada Masyarakat:

- Informasi jadwal peledakan disampaikan ke masyarakat sekitar dan pekerja yang ada.
 - Dipasang tanda peringatan dan personel pengawas seperti tim K3 di sekitar area.
- Evakuasi: Mengosongkan area kerja dari pekerja dan alat berat.

6.2.5 Pelaksanaan Peledakan



Gambar 6.3 Proses Peledakan

a. Aktivasi Peledakan

- Sirene atau tanda suara digunakan untuk memberi peringatan terakhir (contoh: sirene 5 menit, 1 menit, lalu tanda ledakan).
- Operator memicu ledakan menggunakan perangkat pemacu elektronik dari jarak aman.

b. Kontrol dan Pemantauan

- Pengendalian *Flyrock*: Penyeterilan area peledakan dan jauh di area aman supaya tidak kena lontaran batuan akibat peledakan.

6.2.6 Pemeriksaan Pasca-Peledakan



Gambar 6.4 Proses Pembersian Lahan Hasil Peledakan

a. Inspeksi Lapangan

- Memastikan tidak ada ledakan yang tertunda atau gagal (*misfire*).
- Mengidentifikasi material batuan yang sudah terfragmentasi untuk memastikan kualitas hasil.

b. Pembersihan dan Evaluasi

- Membersihkan material batuan hasil peledakan menggunakan alat berat seperti ekskavator atau *Bulldozer*.
- Mengevaluasi hasil terhadap desain, seperti ukuran fragmentasi yang sesuai untuk proses konstruksi jalan.

6.2.7 Reklamasi dan Mitigasi



Gambar 6.5 Hasil Reklamasi

- Pengendalian Lingkungan:
 - Penyiraman area untuk mengurangi debu yang tersisa.
 - Pengelolaan limbah bahan peledak untuk menghindari kontaminasi air tanah.
- Reklamasi Lahan:
 - Menata ulang lahan hasil peledakan agar stabil dan aman untuk digunakan sebagai jalur jalan.

6.3 Dampak Lingkungan akibat Kegiatan *Blasting* (Peledakan)

Operasi *blasting* memberikan efek signifikan terhadap lingkungan, baik dalam jangka pendek maupun panjang. Berikut adalah dampak utama dan langkah pengendalian yang bisa dilakukan:

1. Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Dampak:

- Kerusakan Struktur: Bangunan atau infrastruktur yang berada di sekitar area peledakan bisa mengalami retak atau kerusakan.
- Gangguan Ekosistem: Getaran dapat mengganggu habitat bawah tanah, seperti sarang hewan atau gua alami.

Pengendalian:

- Optimasi Pola Peledakan:
 - Mengatur jarak antar lubang bor (*spacing*).
 - Menggunakan *delay detonators* untuk membagi energi secara bertahap.
 - Bahan Peledak yang Tepat: Memilih bahan dengan energi rendah untuk lokasi sensitif.

2. Kebisingan Udara (*Airblast*)

Dampak:

- Gangguan pada Manusia: Kebisingan yang tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau bahkan masalah kesehatan seperti stres dan gangguan pendengaran.
- Gangguan pada Hewan: Suara ledakan dapat mengganggu perilaku hewan liar di sekitar.

Pengendalian:

- Jarak Aman: Lokasi peledakan harus dijauhkan dari area pemukiman atau tempat sensitif lainnya minim sekitar 500 m dari proses peledakan.
- Desain Peledakan: Mengurangi jumlah bahan peledak yang digunakan per lubang (*charge per hole*).
- Penjadwalan Operasi: Melakukan peledakan pada jam-jam tertentu untuk meminimalkan gangguan. Biasanya dilakukan pada siang hari atau sore hari.

3. Polusi Debu dan Partikel

Dampak:

- Kesehatan Manusia: Debu dapat menyebabkan masalah pernapasan, seperti bronkitis atau asma.
- Penurunan Kualitas Udara: Polusi partikel berbahaya bagi lingkungan karena asap setelah peledakan dan proses pengeboran lubang.

Pengendalian:

- Sistem Penahan Debu: Penyiraman area sebelum dan sesudah peledakan.
- Pemilihan Cuaca: Menghindari peledakan pada hari dengan angin kencang untuk mengurangi penyebaran debu.

4. Flyrock (Batuan Terlontar)

Dampak:

- Kerusakan Fisik: Batuan terlontar bisa merusak properti atau infrastruktur di sekitar, seperti mengenai alat berat dan alat kerja lainnya.
- Risiko Cedera: Membahayakan pekerja dan masyarakat di dekat lokasi, dikarenakan lontaran batuan tidak bisa diprediksi arah lontarannya.

Pengendalian:

- Zona Bahaya: Menetapkan radius aman dari lokasi peledakan.
- Desain Optimal: Mengatur kedalaman dan orientasi lubang bor untuk mengarahkan energi ledakan.

5. Kontaminasi Air Tanah

Dampak:

- Bahan Peledak Residu: Sisa bahan peledak, terutama yang mengandung nitrat, dapat mencemari air tanah dan sungai di sekitar.
- Perubahan Hidrogeologi: Getaran dan ledakan dapat mengubah aliran air tanah, menyebabkan drainase yang tidak terkontrol.

Pengendalian:

- Penanganan Limbah: Membersihkan residu bahan peledak dengan prosedur standar.
- Pengontrolan sebelum dan sesudah pelaksanaan *blasting*.

6. Dampak Jangka Panjang

Erosi Tanah

- Dampak: Peledakan yang merusak struktur batuan dapat menyebabkan erosi dan degradasi tanah di sekitar lokasi peledakan.
- Pengendalian: Reklamasi setelah proyek selesai dengan penanaman vegetasi untuk menstabilkan tanah.

Perubahan Ekosistem

- Dampak: Kehancuran habitat lokal dapat memengaruhi flora dan fauna.
- Pengendalian: Menyusun rencana pengelolaan lingkungan (*Environmental Management Plan*) sebelum operasi.

6.4 Keamanan dalam Kegiatan *Blasting* (Peledakan)

Operasi *blasting* memiliki risiko tinggi yang membutuhkan langkah keamanan ketat untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan sekitar. Berikut adalah elemen-elemen utama yang perlu diperhatikan untuk memastikan keamanan dalam peledakan:

1. Risiko Utama dalam *Blasting*

a. Ledakan Tak Terkendali

- Penyebab: Kesalahan desain, kerusakan detonator, atau salah urutan pemicu (misfire).
- Dampak: Kerusakan fasilitas, cedera pada pekerja, atau kehilangan nyawa.

b. *Flyrock* (Batuan Terlontar)

- Penyebab: Energi ledakan berlebihan atau pola pengeboran yang salah.
- Dampak: Cedera pada pekerja atau masyarakat, serta kerusakan infrastruktur, alat berat dan alat pekerja.

c. Kebakaran atau Ledakan Bahan Peledak

- Penyebab: Penyimpanan bahan peledak yang tidak aman, paparan panas, atau percikan api.
- Dampak: Kehilangan bahan dan risiko jiwa.

d. Gas Berbahaya

- Penyebab: Reaksi bahan peledak yang menghasilkan gas seperti karbon monoksida (CO) atau nitrogen oksida (NOx).
- Dampak: Risiko keracunan bagi pekerja dan orang disekitar.

2. Langkah-Langkah Keamanan

a. Perencanaan yang Matang

- Desain Peledakan

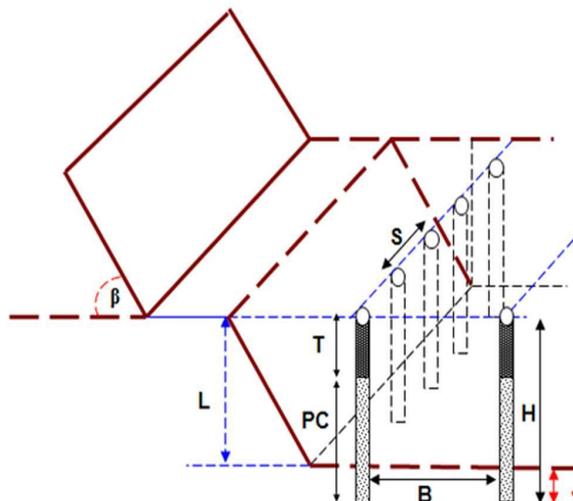
- Menggunakan pola pengeboran dan dosis bahan peledak yang sesuai dengan kedalaman lubang untuk mengontrol energi.
- Izin dan Regulasi
 - Memastikan semua aktivitas sesuai dengan regulasi lokal dan internasional.
 - Hanya operator bersertifikasi yang boleh menangani bahan peledak.
- b. Penyimpanan dan Pengangkutan Bahan Peledak
 - Penyimpanan
 - Lokasi harus jauh dari area berpenduduk dan aman dari sumber panas atau percikan api.
 - Menggunakan fasilitas dengan ventilasi yang baik untuk mencegah akumulasi gas.
 - Pengangkutan
 - Menggunakan kendaraan untuk mengangkut bahan peledak.
 - Memastikan keamanan dari guncangan atau benturan selama perjalanan.
- c. Protokol Pelaksanaan
 - Pengamanan Area
 - Menetapkan zona bahaya (*blast zone*) berdasarkan radius dampak peledakan.
 - Memasang tanda peringatan dan menjaga agar tidak ada akses publik atau orang sembarangan masuk ke area tersebut.
 - Pemeriksaan Pra-Peledakan
 - Memastikan semua kabel detonator terhubung dengan benar.
 - Melakukan countdown dengan tanda suara (misalnya sirene) untuk memberi peringatan.
 - Koordinasi Tim
 - Komunikasi jelas antara tim pengeboran, tim peledakan, tim K3 dan pengawas lapangan menggunakan HT.
 - Menetapkan *emergency plan* jika terjadi kesalahan.
- d. Pemantauan Selama dan Setelah Peledakan
 - Pemantauan sebelum peledakan
 - Perisipan lokasi agar terhindar dari ledakan
 - Penyingkiran alat berat sebelum peledakan karena lontaran batuan setelah peledakan tidak terarah
 - Pemeriksaan Pasca-Peledakan
 - Memastikan tidak ada ledakan sisa (*misfire*).
 - Memastikan *flyrock* tidak mengancam keselamatan.
- e. Pelatihan dan Kesadaran
 - Pelatihan Pekerja

- Pelatihan tentang penggunaan bahan peledak, pemasangan detonator, dan pengoperasian alat.
 - Simulasi penanganan situasi darurat.
 - Kesadaran Masyarakat Sekitar dan Pekerja
 - Pemberitahuan tentang jadwal peledakan, radius aman, dan prosedur keselamatan.
3. Teknologi Pendukung Keamanan
- Sistem Detonasi Elektronik
Menggunakan detonator elektronik yang presisi untuk mengontrol waktu peledakan.
 - Drone untuk Pemantauan
Memantau area berisiko sebelum dan sesudah peledakan tanpa membahayakan pekerja.
4. Contoh Protokol Keamanan
- Pra-Peledakan:
 - Pemeriksaan lubang bor.
 - Pengecekan koneksi detonator dan kabel.
 - Penutupan area sekitar radius aman.
 - Saat Pelaksanaan:
 - Sirene peringatan 3 kali (contoh: tanda 5 menit, 1 menit, lalu detik peledakan).
 - Semua personel berada di luar zona bahaya.
 - Pasca-Peledakan:
 - Inspeksi langsung oleh tim khusus peledakan.
 - Dokumentasi hasil peledakan dan dampaknya untuk evaluasi.

6.5 Perencanaan Rancangan Perhitungan Geometri

Rancangan Perhitungan Geometri Berdasarkan R.L. ASH

Ket :
L = Tinggi lereng / Jenjang
S = spasi
B = burden
 β = final slope
T = stemming
PC = kolom isian bahan peledak
x = toe offset
H = Kedalaman lubang tembak
J = subdrill



Gambar 6.6 Gambar Geometri Peledakan

Ket:

D = Diameter (inchi)

KB = Koef. burden

Light explosives in dense rocks KB = 20

Heavy explosives in light rocks KB = 40

Light explosives in average rocks KB = 25

Heavy explosives in average rocks KB = 35

KS = Koef. spasi

KS = 1.0 – 1.4 (1.15 untuk distribusi energi yang baik pada pola zig zag)

KJ = Koef. Subdrill

KJ = 0,2 – 0,4

KT = Koef. Stemming

KT = 0,7 – 1

PC = Panjang kolom isian

Dr = Material density ratio

SG = Spesific gravity batuan

PJ = Panjang area blasting

N = Jumlah lubang ledak

de = Loading density

E = Kebutuhan bahan peledak (Kg)

PW = Powder faktor (Kg/BCM)

N = Jumlah baris peledakan

Perhitungan:

D = 3 inchi = 76,2 mm

L = 6 m

H = L + J = 6 + 0,6 = 6,6 m

SG = 2,68

W = 1000 LCM

n = 3

1 ft = 0,305 m

1 ton/cu.ft = 0,083616 ton/cu.m

$$\begin{aligned} \bullet \quad B &= \frac{K_b \times D}{12} \\ &= \frac{25 \times 3}{12} \\ &= 6,25 \text{ (ft)} = 1,90 \text{ m} = 2 \text{ m} \end{aligned}$$

- $S = K_s \times B$
 $= 1,15 \times 2$
 $= 2,3 \text{ m} = 2,5 \text{ m}$
- $J = K_j \times B$
 $= 0,3 \times 2$
 $= 0,6 \text{ m}$
- $T = K_t \times B$
 $= 0,5 \times 2$
 $= 1 \text{ m}$
- $PC = H - T$
 $= 6,6 \times 1$
 $= 5,6 \text{ m}$
- $dr = 0,0312 \text{ SG}$
 $= 0,0312 \times 2,68$
 $= 0,083616 \text{ (ton/cu.ft)}$
 $= 2,9528 \text{ (ton/cu.m)}$
- $P_j = \frac{W}{n \times B \times L \times dr}$
 $= \frac{1000}{3 \times 2 \times 6 \times 2,952}$
 $= 9,4 \text{ (m)}$
- $N = \left[\frac{(P_j - n \times B)}{S} \right] \times n \text{ (untuk Corner cut)}$
 $= \left[\frac{(9,4 - 3 \times 2)}{2,5} \right] \times 3$
 $= 4$
- $P_j \text{ Terkoreksi} = 2B + [(N/2) - 2] S \text{ (ft)}$
 $= 2 \times 2 + [(4/2) - 2] 2,5$
 $= 4$
- $W \text{ Terkoreksi} = 2B \times P_j \text{ terkoreksi} \times L \times dr \text{ (BCM)}$
 $= 2 \times 2 \times 4 \times 6 \times 2,9528$
 $= 283,4688$
- $de = \frac{\pi \times D^2}{4 \times 144} \times SG \times 62,4$
 $= \frac{\pi \times 3^2}{4 \times 144} \times 2,68 \times 62,4$
 $= 8,2 \text{ (kg/m)}$
- $E = de \times PC \times N \text{ (Kg)}$
 $= 8,2 \times 5,6 \times 4$
 $= 183,68$

- $$PF = \frac{E}{W}$$

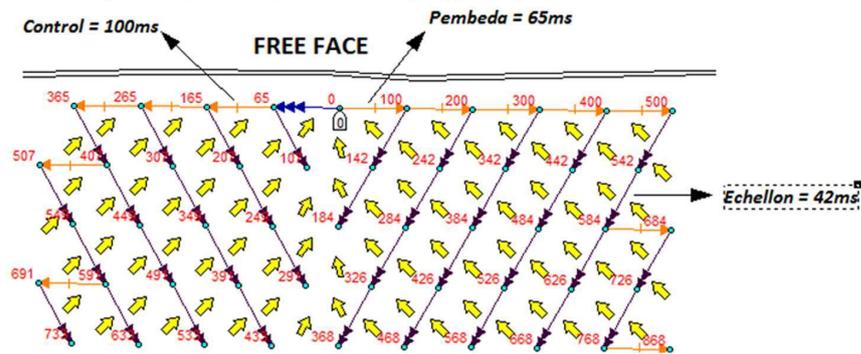
$$= \frac{183,68}{283,4688}$$

$$= 0,65 \text{ kg/BCM}$$

6.6 Pola Peledakan

1. V-Cut / Chevron

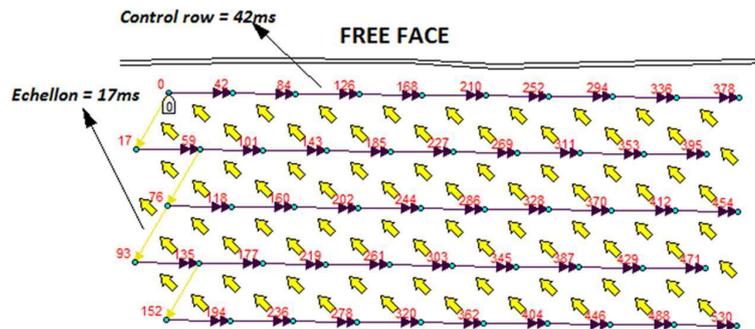
Pola peledakan yang arah runtuh batuanya ke depan dan membentuk huruf "v". Pola ini biasa digunakan jika terdapat 1 *free face* yang panjang.



Gambar 6.7 Pola Peledakan V-Cut / Chevron

2. Row by Row

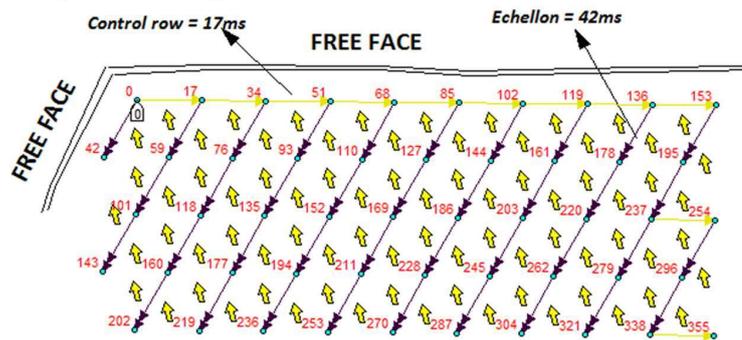
Rangkaian peledakan yang dilakukan parallel sejajar *free face* / *high wall* dan arah runtuh batuanya ke salah satu sudut dari bidang bebas nya.



Gambar 6.8 Pola Peledakan Row by Row

3. Echelon

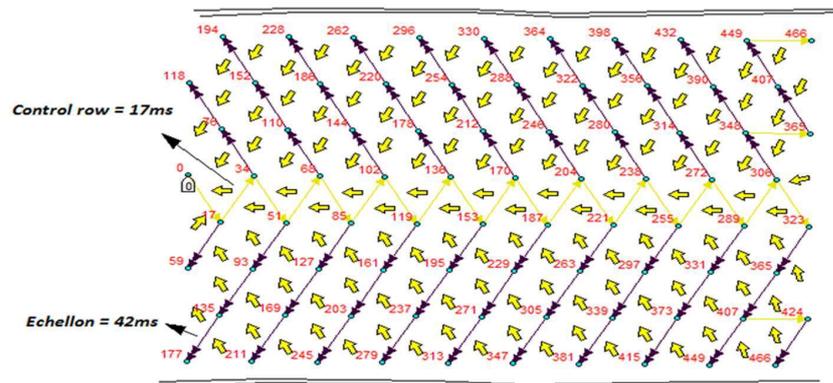
Rangkaian peledakan yang biasa dilakukan jika kita memiliki 2 *free face* dan arah runtuh batuanya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya. Echelon suatu sistem inisiasi berawal dari baris pengontrol, kemudian mengarah secara lurus menuju ke bagian belakang dari peledakan. Echelon ini merupakan jalur inisiasi dari baris pengontrol ke setiap lubang ledak yang ada dalam pola dan memberikan jeda waktu antara setiap baris. Echelon yang pada umumnya dirangkai adalah reverse echelons dengan detonators mengarah ke titik inisiasi.



Gambar 6.9 Pola Peledakan Echellon

4. Zig Zag / Box – Cut / Fish Bone

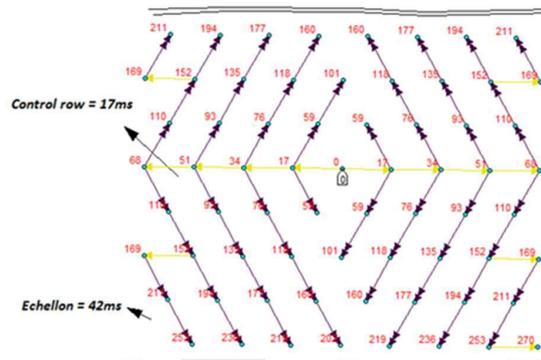
Rangkaian ini biasa digunakan jika lokasi peledakan tidak memiliki *free face* karena akan membentuk *free face* di tengah dan runtuh batuanya ke arah *free face* baru di tengah.



Gambar 6.10 Pola Peledakan Zig Zag / Box – Cut / Fish Bone

5. Diamond / Center lit

Rangkaian peledakan yang biasa digunakan jika tidak ada *free face* dan untuk membentuk sump yang biasanya ada di ambang batas bawah tambang terbuka (elevasi terendah).



Gambar 6.11 Pola Peledakan Diamond / Center lit