



TEKNIK PELEDAKAN

2019



Oleh :
**Rachmat Hidayatullah
Salmani**



Diterbitkan Atas Kerjasama
Deepublish dengan Politeknik Banjarmasin



TEKNIK PELEDAKAN

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

TEKNIK PELEDAKAN

Rachmat Hidayatullah, S.T., M.T.

Salmani, S.T., M.S., M.T.



TEKNIK PELEDAKAN

Penulis :

Rachmat Hidayatullah; Salmani

e-ISBN :

978-623-92412-1-6 (PDF)

Editor dan Penyunting :

Faris Ade Irawan

Desain Sampul dan Tata Letak :

Rahma Indera; Eko Sabar Prihatin

Penerbit :

POLIBAN PRESS

Anggota APPTI (Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
no.004.098.1.06.2019

Cetakan Pertama, 2019

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)3305052

Email : press@poliban.ac.id

Dicetak oleh :

PERCETAKAN DEEPUBLISH

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Rachmat Hidayatullah; Salmani—Cet. 1. — **Teknik Peledakan**. Banjarmasin : Poliban Press, November 2019.

xiv; 92 hlm.; 15.5x23 cm

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Poliban Press karena telah mempercayakan proses percetakan buku *Teknik Peledakan* kepada Penerbit Deepublish. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat kepada seluruh pembaca dan kerja sama ini dapat terus terjalin.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga Buku Teknik Peledakan tahun 2019 telah dapat diselesaikan. Buku ini merupakan pengantar bagi mahasiswa Diploma III Teknik Pertambangan.

Terima kasih disampaikan kepada Joni Riadi S.ST., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Banjarmasin dan Nurmaludin, S.T., M.T. selaku Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat beserta sekretaris dan staf. Terima kasih juga disampaikan kepada Faris Ade Irawan, Reza Fauzan, Eko Sabar Prihatin dan Rahma Indera yang telah berkontribusi dalam editing serta seluruh tim Poliban Press dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian buku ini.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi mahasiswa Teknik Pertambangan khususnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Banjarmasin, Agustus 2019

Ketua Poliban Press

PRAKATA

Sesuai dengan Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/MEM/2018 Tanggal: 7 Mei 2018, tentang Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional, bagian B poin 6 Keselamatan Bahan Peledak dan Peledakan sub point 5) menyebutkan Juru ledak adalah seseorang yang diangkat oleh Perusahaan Pertambangan atau KTT/PTL yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan peledakan dan/atau melakukan inisiasi peledakan serta memiliki Kartu Izin Meledakkan (KIM) dan sub-sub poin b) menyatakan Pekerjaan peledakan terdiri atas persiapan peledakan dan pelaksanaan peledakan.

Buku ini merupakan pengantar bagi mahasiswa Diploma III Teknik Pertambangan sebagai tenaga bagian dari persiapan peledakan untuk penyiapan lubang ledak bagi juru ledak. Sebagaimana sebelum mereka melangkah ke juru ledak maka pembekalan dan pengetahuan keterampilan yang perlu dimiliki tentang peledakan, dimana seorang juru ledak harus mempunyai sertifikat sebagai juru ledak dan harus memiliki KIM.

Materi pada buku ini disusun berpedoman pada Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (KKNI) Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batu bara Dan Lignit Bidang Pelaksanaan Perancangan Dan Evaluasi Pengeboran Dan Peledakan Tambang Terbuka Mineral Dan Batubara dan Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (KKNI) Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit Bidang Mengelola Gudang Bahan Peledak Pada Pertambangan Mineral Dan Batu bara, serta Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827

K/30/MEM/2018 Tanggal: 7 Mei 2018, Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional. Dan untuk perizinan berdasarkan dari Peraturan Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2017 Tentang Perizinan, Pengamanan, Pengawasan Dan Pengendalian Bahan Peledak Komersial.

Sebagaimana bahan pembelajaran yang *uptodate*, maka rancangan pembelajaran semester (RPS) juga diadopsi dari peraturan dan perundangan yang berlaku sehingga dalam materi buku ini cukup padat dan berbobot. Namun demikian tidak luput dari kekurangannya, oleh sebab itu diharapkan ada saran dan masukan yang membangun demi sempurnanya buku ini dan kemajuan anak bangsa dalam berkarier di masa yang akan datang.

Tim Penulis

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH	v
KATA PENGANTAR	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 FAKTOR PELEDAKAN DAN PEMANTAUAN	
DAMPAKNYA.....	1
1.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN	1
1.1.1 Capaian Pembelajaran Umum	1
1.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus	1
1.2 FAKTOR PENGARUH PELEDAKAN	1
1.2.1 Fragmentasi	2
1.2.2 Alat Pengaman Peledakan dan Pemantau	
Dampak Peledakan	3
1.3 RINGKASAN.....	6
1.4 EVALUASI	7
1.4.1 Evaluasi Mandiri.....	7
1.4.2 Evaluasi Pilihan Berganda	8
1.5 DAFTAR PUSTAKA	11
BAB 2 DESAIN PELEDAKAN DAN KAPASITASNYA	12
2.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN	12
2.1.1 Capaian Pembelajaran Umum	12
2.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus	12
2.2 POLA PELEDAKAN	12
2.2.1 Pola Peledakan pada Areal Terbuka	13

2.2.2	Pola Peledakan Bawah Tanah.....	16
2.2.3	Geometri Peledakan Jenjang.....	21
2.2.4	Perencanaan Kapasitas Peledakan.....	28
2.3	DESAIN POLA PENGEBORAN.....	34
2.3.1	Pola Pengeboran pada Areal Terbuka	34
2.3.2	Pola Pengeboran Bawah Tanah	36
2.4	RINGKASAN.....	40
2.5	EVALUASI.....	41
2.5.1	Evaluasi Mandiri.....	41
2.5.2	Evaluasi Pilihan Berganda.....	41
2.6	DAFTAR PUSTAKA.....	44
BAB 3	PEMILIHAN PERALATAN PELEDAKAN	45
3.1	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	45
3.1.1	Capaian Pembelajaran Umum	45
3.1.2	Capaian Pembelajaran Khusus.....	45
3.2	PERALATAN PELEDAKAN	45
3.2.1	Pemilihan Bor	46
3.2.2	Alat Pencampur Bahan Peledak.....	48
3.2.3	Alat Pengisi Lubang Ledak	49
3.2.4	Alat Pemantau Dampak Peledakan	57
3.2.5	Alat Penelitian Bahan Peledak dan Peledakan.....	58
3.2.6	Alat Bantu Peledakan Listrik.....	59
3.2.7	Alat Pemicu Peledakan non-Listrik.....	61
3.2.8	Alat Bantu Peledakan Listrik.....	62
3.3	RINGKASAN	67
3.4	EVALUASI.....	68
3.4.1	Evaluasi Mandiri.....	68
3.4.2	Evaluasi Pilihan Berganda.....	69
3.5	DAFTAR PUSTAKA.....	72
BAB 4	DAMPAK DAN PENGAMANAN LINGKUNGAN	73
4.1	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	73
4.1.1	Capaian Pembelajaran Umum	73

4.1.2	Capaian Pembelajaran Khusus	73
4.2	PENGAMANAN LINGKUNGAN PELEDAKAN.....	73
4.2.1	Persiapan Sebelum Peledakan	74
4.2.2	Pemeriksaan Setelah Peledakan.....	79
4.3	RINGKASAN.....	79
4.4	EVALUASI	80
4.4.1	Evaluasi Mandiri.....	80
4.4.2	Evaluasi Pilihan Ganda	81
4.5	DAFTAR PUSTAKA	84
GLOSARIUM		85
INDEKS		92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Detektor kilat (Lightning detector) Thor Lightning Sentry, ICI Explosive	5
Gambar 1.2	Alat pemantau getaran dan suara peledakan DS-677 Blastmate (InstanTel, Inc)	5
Gambar 1.3	Alat perekam kecepatan detonasi (EG&G Special Projects)	6
Gambar 2.1	Pola peledakan pojok dengan pola staggered dan sistem inisiasi echelon serta orientasi antar retakan 90°	13
Gambar 2.2	Peledakan pojok dengan pola staggered dan sistem inisiasi echelon serta orientasi antar retakan 60°	14
Gambar 2.3	Peledakan pojok antar baris dengan pola bujursangkar dan sistem inisiasi echelon	15
Gambar 2.4	Peledakan pojok antar baris dengan pola staggered	15
Gambar 2.5	Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut bujursangkar dan waktu tunda close-interval	16
Gambar 2.6	Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut persegi panjang dan waktu tunda bebas	16
Gambar 2.7	Kelompok lubang pada permukaan kerja suatu terowongan	17
Gambar 2.8	Pola peledakan dengan burn cut pada suatu terowongan	18
Gambar 2.9	Pola peledakan dengan wedge cut pada suatu terowongan	19
Gambar 2.10	Pola peledakan dengan drag cut pada suatu terowongan	20
Gambar 2.11	Terminologi dan simbol geometri peledakan	22
Gambar 2.12	Lubang ledak vertikal dan miring	23

Gambar 2.13	Tinggi jenjang minimum berdasarkan Aturan lima (Rule of Five).....	25
Gambar 2.14	Tipe-tipe sekuen inisiasi (dari ICI explosives)	27
Gambar 2.15	Geometri peledakan hasil perhitungan	28
Gambar 2.16	Sketsa pola pengeboran pada tambang terbuka	35
Gambar 2.17	Sketsa dasar center cut	36
Gambar 2.18	Sketsa dasar wedge cut.....	37
Gambar 2.19	Sketsa dasar drag cut.....	38
Gambar 2.20	Sketsa dasar burn cut.....	39
Gambar 2.21	Variasi burn cut (Langerfors, 1978).....	39
Gambar 3.1	Peralatan Pengeboran	46
Gambar 3.2	Pencampur ANFO Coxan (ICI Explosives).....	48
Gambar 3.3	Alat bantu pengisian pneumatik (ANFO loader)	51
Gambar 3.4	Pneumatic cartridge charger	53
Gambar 3.5	MMU dan bagian-bagian pentingnya (Dyno Westfarmers Ltd.)	55
Gambar 3.6	Mengisi lubang ledak di tambang terbuka	56
Gambar 3.7	Alat pemantau getaran dan suara peledakan DS-677 Blastmate (InstanTel, Inc).....	58
Gambar 3.8	Alat perekam kecepatan detonasi (EG&G Special Projects).....	59
Gambar 3.9	Beberapa jenis dan tipe pemicu ledak listrik	60
Gambar 3.10	Alat pemicu nonel buatan ICI Explosives	62
Gambar 3.11	Alat pemicu nonel buatan Nitro Nobel.....	62
Gambar 3.12	Multimeter peledakan (blasting multimeter)	64
Gambar 3.13	Rheostat dan Fussion tester	65
Gambar 3.14	Detektor kilat (lightning detector).....	66
Gambar 4.1	Salah satu bentuk shelter	76
Gambar 4.2	Pengamanan lokasi peledakan	77
Gambar 4.3	Kedua ujung kawat utama masih dihubungkan	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Potensi yang terjadi akibat variasi stiffness ratio	24
Tabel 2.2	Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m.....	31
Tabel 2.3	Penyebab yang membedakan pola pengeboran di areal bawah tanah dan terbuka	35

BAB 1

FAKTOR PELEDAKAN DAN PEMANTAUAN DAMPAKNYA

1.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN

1.1.1 Capaian Pembelajaran Umum

Setelah selesai mempelajari bab ini, pembaca mampu merencanakan target peledakan secara tepat dan akurat sesuai dengan program.

1.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus

Setelah bab ini dipelajari peserta mampu:

1. Merencanakan target peledakan dan dampaknya serta kapasitas peledakan
2. Membuat desain Pola Peledakan dan Kapasitas Peledakan
3. Merencanakan Pola Peledakan
4. Melakukan pemilihan peralatan
5. Merencanakan pengamanan lingkungan peledakan

1.2 FAKTOR PENGARUH PELEDAKAN

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang dapat dikelompokkan kedalam tiga aspek, yaitu:

- 1) Aspek teknis. Dalam hal ini tolok 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.
- 2) Aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Pertimbangannya bertumpu pada seluruh aspek kegiatan kerja pengeboran dan peledakan, termasuk stabilitas kemiringan jenjang dan medan kerjanya.
- 3) Aspek lingkungan. Dampak negatif peledakan menjadi kritis ketika pekerjaan peledakan menghasilkan vibrasi tinggi, menimbulkan

gangguan akibat suara yang sangat keras dan gegaran, serta banyak batu terbang.

Ketiga aspek tersebut merupakan satu kesatuan dan tidak dapat meninggalkan salah satu diantaranya. Oleh sebab itu, setelah mengamati dan menguji dengan seksama kualitas batuan yang akan diledakkan, 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 di atas.

1.2.1 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.

Penyimpangan dari ketentuan umum tentang ukuran fragmentasi di atas dapat terjadi karena perbedaan yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak. Untuk itu, sekali lagi, percobaan pengeboran dan peledakan harus dilakukan untuk mendapat hasil yang optimum.

Target Volume Peledakan tambang terbuka atau *quarry*, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang (*bench blasting*), volume batuan yang akan diledakkan tergantung pada dimensi spasi, burden, tinggi jenjang, dan jumlah lubang ledak yang tersedia. Dimensi atau ukuran spasi, burden dan tinggi jenjang memberikan peranan yang penting terhadap besar kecilnya volume peledakan. Artinya volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran ketiga parameter tersebut diperbesar, sebaliknya untuk volume yang kecil. Sedangkan pada tambang bawah tanah, baik pembuatan terowongan atau jenis bukaan lainnya, volume hasil peledakan diperoleh dari perkalian luas permukaan kerja atau *front* kerja atau *face* dengan kedalaman lubang ledak rata-rata.

Prinsip volume yang akan diledakkan adalah perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H) yang hasilnya berupa balok dan bukan volume yang telah terberai oleh proses peledakan. Volume tersebut dinamakan volume padat (*solid* atau *insitu* atau *bank*), sedangkan volume yang telah terberai disebut volume lepas (*loose*). Konversi dari volume padat ke volume lepas menggunakan faktor berai atau *swell factor*, yaitu suatu faktor peubah yang dirumuskan sbb:

$$SF = (V_s / V_L) \times 100$$

apabila : $V_S = B \times S \times H$

maka : $V_L = (B \times S \times H) / SF$

dimana SF, V_S dan V_L masing-masing adalah faktor berai (dalam %), volume padat dan volume lepas. Apabila ditanyakan berat hasil peledakan, maka dihitung dengan mengalikan volume dengan densitas batuan, jadi: $W = V \times \rho$. di mana ρ adalah densitas batuan. Perlu diingat bahwa berat hasil peledakan baik dalam volume padat maupun volume lepas bernilai sama, tetapi densitasnya berbeda, di mana densitas pada kondisi lepas akan lebih kecil dibanding padat.

1.2.2 Alat Pengaman Peledakan dan Pemantau Dampak Peledakan

Peralatan pengaman yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantaranya adalah:

- 1) Detektor kilat (*lightning detector*), dipergunakan untuk memantau kemungkinan adanya petir (lihat Gambar 4.1). Peralatan ini hanya dipakai untuk operasi peledakan dengan sistem peledakan listrik dan untuk daerah-daerah dengan intensitas petir tinggi.
- 2) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT)
- 3) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC.
- 4) Bendera merah atau pita pembatas area yang akan diledakkan dan rambu-rambu di lokasi yang diperkirakan terkena dampak negatif langsung akibat peledakan.

Faktor keselamatan dan keamanan kerja harus menjadi pertimbangan utama dalam melaksanakan operasi peledakan.

Peralatan peledakan yang berhubungan dengan dampak peledakan terhadap lingkungan dikelompokkan ke dalam alat pemantau dampak peledakan. Fungsi pokok alat tersebut adalah untuk mengukur adanya kemungkinan dampak negatif dari getaran dan kebisingan akibat peledakan terhadap lingkungan sekitar titik peledakan.

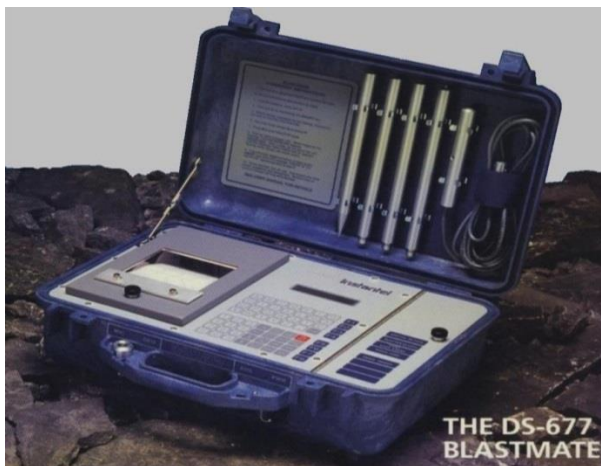
Alat tersebut tidak selalu digunakan setiap kali peledakan, tetapi pada saat-saat tertentu diperlukan untuk pemantauan dampak negatif peledakan terhadap lingkungan.

Peralatan tersebut antara lain:

- 1) Pemantau getaran (*vibration monitor*), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan. Alat ini biasanya disiapkan di lokasi penduduk atau fasilitas umum lainnya untuk mengukur getaran yang ditimbulkan peledakan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan getaran pada manusia maupun bangunan (lihat Gambar 1.1).
- 2) Pemantau kebisingan suara (*noise level indicator*), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas suara yang ditimbulkan oleh peledakan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan suara terhadap manusia. Alat pemantau getaran DS-677 Blastmate pada Gambar 1.2 dapat pula merekam suara peledakan dan ditulis pada kertas perekam.



Gambar 1.1 Detektor kilat (Lightning detector) Thor Lightning Sentry, ICI Explosive



Gambar 1.2 Alat pemantau getaran dan suara peledakan DS-677 Blastmate (Instantel, Inc)

Peralatan peledakan lain yang dibutuhkan secara khusus adalah untuk keperluan penelitian peledakan dan untuk mengetahui kinerja bahan peledak.

Beberapa alat yang sering diperlukan diantaranya ialah:

- 1) VOD meter, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur kemampuan kerja bahan peledak dalam hal kecepatan reaksi detonasi
- 2) Video kamera, diperlukan untuk menganalisis suatu operasi peledakan ditinjau dari aspek pelembaran batuan, gerakan fragmentasi batuan, dan dimensi fragmentasi butiran hasil peledakan. Beberapa kamera dapat digunakan sekaligus, dipasang dan diarahkan pada peledakan dari sudut yang berbeda. Hasil rekaman dapat diputar ulang dengan gerakan lambat untuk dianalisis.



Gambar 1.3 Alat perekam kecepatan detonasi (EG&G Special Projects)

1.3 RINGKASAN

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.

Acuan penentuan pola peledakan pada areal terbuka sebagai berikut:

- Peledakan tunda antar baris di desain secara tepat.
- Peledakan tunda antar beberapa lubang
- Peledakan tunda antar lubang

Pola peledakan pada areal terbuka sebagai berikut:

- Peledakan pojok dengan pola *staggered* dengan orientasi antar retakan 900 dengan perbandingan spasi (s) = 1,41 B.
- Bila orientasi antar retakan 600 dengan perbandingan spasi S=1,15B.
- Bila peledakan dirancang dilakukan serentak antar baris dapat dengan pola bujur sangkar.
- Pola peledakan bidang bebas memanjang pola V-Cut dengan bentuk persegi panjang.

Pola peledakan bawah tanah dapat didesain dengan:

- Pola peledakan dengan *burn cut*
- Pola peledakan dengan *wedge cut*
- Pola peledakan dengan *drag cut*

1.4 EVALUASI

1.4.1 Evaluasi Mandiri

Pilih jawaban **ya** atau **tidak** dengan mencontreng (√) pada kolom jawaban yang anda anggap tepat.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
1	Apakah anda dapat mengidentifikasi target produksi sesuai dengan rencana produksi?		
2	Apakah anda dapat mengidentifikasi kondisi batuan sesuai dengan rencana produksi?		
3	Apakah anda dapat mengidentifikasi laporan hasil evaluasi		

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
	peledakan sebelumnya sesuai dengan rencana produksi?		
4	Apakah anda dapat menghitung target pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per tahun berdasarkan rencana pembongkarannya?		
5	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per periode berdasarkan kondisi dan target pembongkaran?		
6	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan komoditas setiap peledakan berdasarkan pada target produksi?		
7	Apakah anda dapat menentukan parameter geometri peledakan lapisan penutup dan komoditas sesuai dengan kondisi batuan?		
8	Apakah anda dapat menentukan pola peledakan sesuai dengan target peledakan?		
9	Apakah anda dapat menentukan jenis dan jumlah bahan peledak sesuai dengan kondisi batuan dan target pembongkaran?		
10	Apakah anda dapat mengidentifikasi pola dan parameter geometri pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		
11	Apakah anda dapat mengidentifikasi lokasi dan kondisi area pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		

1.4.2 Evaluasi Pilihan Berganda

Pilih jawaban dengan memberi tanda silang (×) pada huruf jawaban yang anda anggap paling tepat.

1. Adalah faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang diantaranya yang menjadi tolok ukurnya adalah keberhasilan target produksi aspek:
 - (a) K3.
 - (b) Teknis
 - (c) Lingkungan,
 - (d) Semua jawaban benar.
 - (e) Pengetahuan, sikap dan disiplin.
2. Diantara ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak, adalah:
 - (a) Ukuran fragmentasi yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak.

- (b) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi.
 - (c) menambah bahan peledak tidak akan menghasilkan lemparan yang jauh
 - (d) Tidak ada jawaban yang benar
 - (e) Intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit akan menghasilkan fragmentasi kecil.
3. Volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran parameter diperbesar, parameter tersebut adalah:
- (a) Dimensi spasi,
 - (b) Burden,
 - (c) Tinggi jenjang,
 - (d) Jumlah lubang ledak yang tersedia,
 - (e) Semua jawaban benar
4. Perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H), adalah prinsip:
- (a) Prinsip volume yang akan diledakkan,
 - (b) Prinsip volume yang telah terberai,
 - (c) Prinsip proses peledakan,
 - (d) Prinsip volume lepas (*loose*),
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.
5. Peralatan pengamanan yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantaranya adalah, kecuali:
- (a) Detektor kilat (*lightning detector*),
 - (b) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT),
 - (c) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC,
 - (d) Bendera merah atau pita pembatas area,
 - (e) *Police line* atau garis polisi.
6. Alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan disebut:
- (a) Tidak ada jawaban yang benar
 - (b) *Vibration monitor*
 - (c) *Noise level indicator*
 - (d) *Speed detonasi*,
 - (e) Semua jawaban benar.

7. Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah, kecuali:
 - (a) Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*).
 - (b) Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
 - (c) Mengurangi getaran
 - (d) Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan,
 - (e) Memperbesar fragmentasi batuan hasil peledakan.
8. Kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada areal terbuka, yaitu:
 - (a) Peledakan pojok dengan pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (b) Tidak ada jawaban yang benar.
 - (c) Peledakan tunda antar beberapa lubang
 - (d) Pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (e) Semua jawaban adalah benar.
9. Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan:
 - (a) Ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (b) Banyaknya jumlah lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (c) Bahan ramuan bahan peledak
 - (d) Susunan lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar
10. Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang memuaskan, adalah:
 - (a) Tidak terlalu banyak bongkahan (*boulder*) atau terlalu kecil
 - (b) Tidak terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (c) Terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (d) Semua jawaban benar
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.

1.5 DAFTAR PUSTAKA

- Anon, 1988, ANFO Type Blasting Agents, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division.
- Anon, 1988, Blasting Explosives and Accessories, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division, pp. 1 – 17.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/Mem/2018, Tanggal: 7 Mei 2018, Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Pelaksanaan Perancangan Dan Evaluasi Pengeboran Dan Peledakan Tambang Terbuka Mineral Dan Batubara.**
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Mengelola Gudang Bahan Peledak Pada Pertambangan Mineral Dan Batubara**
- Sugiri, 1976, Penambangan Batu dari Gunung, Proyek Diklat Bina Marga Ditjend Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

BAB 2

DESAIN PELEDAKAN DAN KAPASITASNYA

2.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN

2.1.1 Capaian Pembelajaran Umum

Setelah selesai mempelajari bab ini, pembaca mampu merencanakan target peledakan secara tepat dan akurat sesuai dengan program.

2.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus

Setelah bab ini dipelajari peserta mampu:

1. Merencanakan target peledakan dan dampaknya serta kapasitas peledakan
2. Membuat desain Pola Peledakan dan Kapasitas Peledakan
3. Merencanakan Pola Peledakan
4. Melakukan pemilihan peralatan
5. Merencanakan pengamanan lingkungan peledakan

2.2 POLA PELEDAKAN

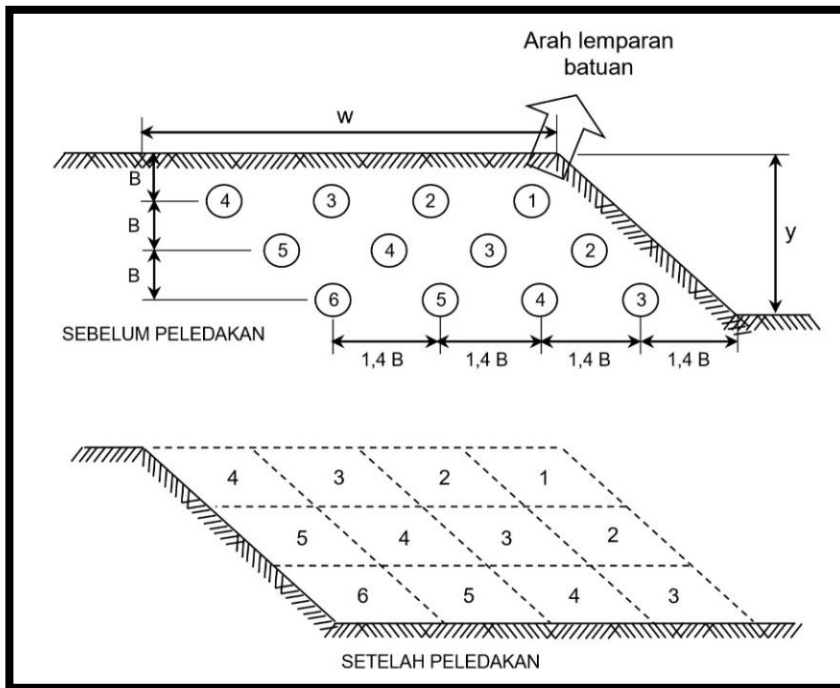
Secara umum pola peledakan menunjukkan urutan atau sekuensial ledakan dari sejumlah lubang ledak. Pola peledakan pada tambang terbuka dan bukaan di bawah tanah berbeda. Banyak faktor yang menentukan perbedaan tersebut, diantaranya adalah seperti yang tercantum pada gambar 4.4 dan seterusnya, yaitu faktor yang mempengaruhi pola pengeboran. Adanya urutan peledakan berarti terdapat jeda waktu ledakan diantara lubang-lubang ledak yang disebut dengan waktu tunda atau *delay time*.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah:

- 1) Mengurangi getaran
- 2) Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*)
- 3) Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
- 4) Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan
- 5) Dapat memperbaiki ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan.

Apabila pola peledakan tidak tepat atau seluruh lubang diledakkan sekaligus, maka akan terjadi sebaliknya yang merugikan, yaitu peledakan yang mengganggu lingkungan dan hasilnya tidak efektif dan tidak efisien.

2.2.1 Pola Peledakan pada Areal Terbuka



Gambar 2.1 Pola peledakan pojok dengan pola staggered dan sistem inisiasi echelon serta orientasi antar retakan 90°

Mengingat area peledakan pada areal antara lain 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:

- Penentuan waktu tunda yang terlalu dekat,
- Penentuan urutan ledakannya yang salah,
- Dimensi geometri peledakan tidak tepat,
- Bahan peledaknya kurang atau tidak sesuai dengan perhitungan.

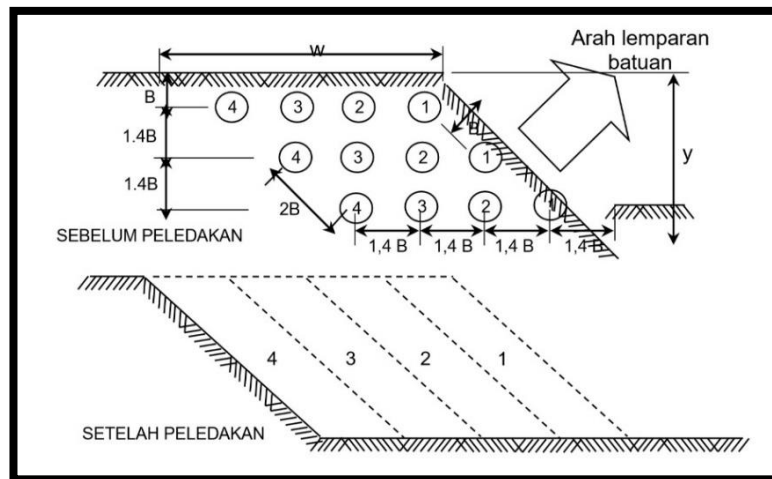
Terdapat beberapa kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada areal terbuka, yaitu sebagai berikut:

- a) Peledakan tunda antar baris.
- b) Peledakan tunda antar beberapa lubang.
- c) 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).

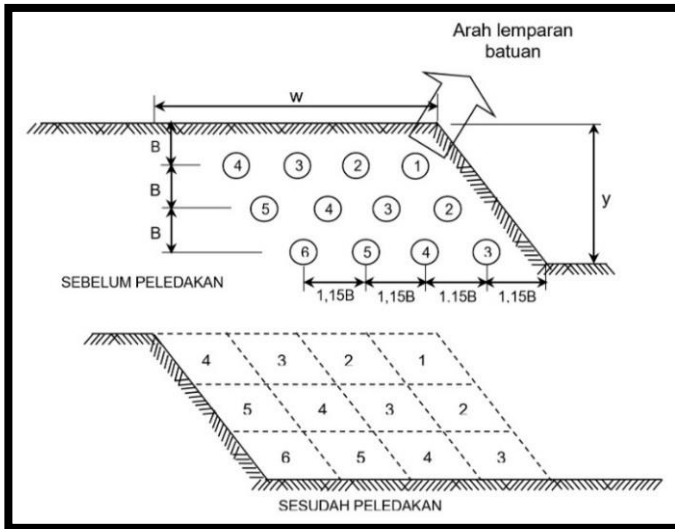
Beberapa contoh kemungkinan perbedaan kondisi di lapangan dan pola peledakannya sebagai berikut:

- 1) Bila orientasi antar retakan hampir tegak lurus, sebaiknya $S = 1,41 B$ seperti pada Gambar 2.1 diatas.
- 2) Bila orientasi antar retakan mendekati 60° sebaiknya $S = 1,15 B$ dan menerapkan interval waktu *long-delay* dan pola peledakannya terlihat Gambar 2.2

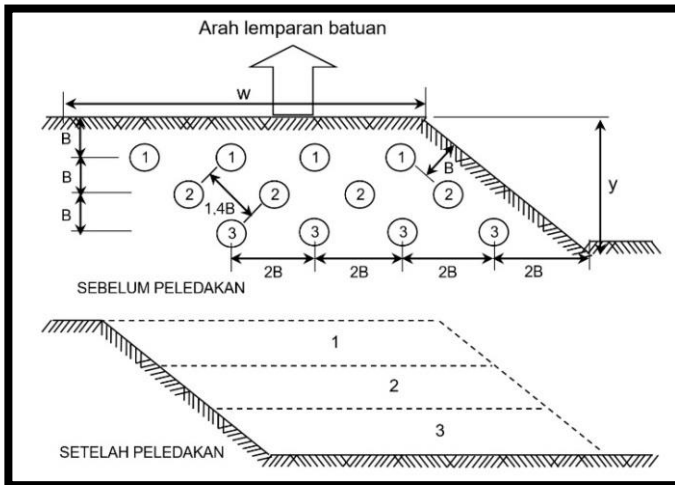


Gambar 2.2 Peledakan pojok dengan pola staggered dan sistem inisiasi echelon serta orientasi antar retakan 60°

Bila peledakan dilakukan serentak antar baris, maka ratio spasi dan burden (S/B) dirancang seperti pada Gambar 2.3 dan 2.4 dengan pola bujur sangkar (*square pattern*).

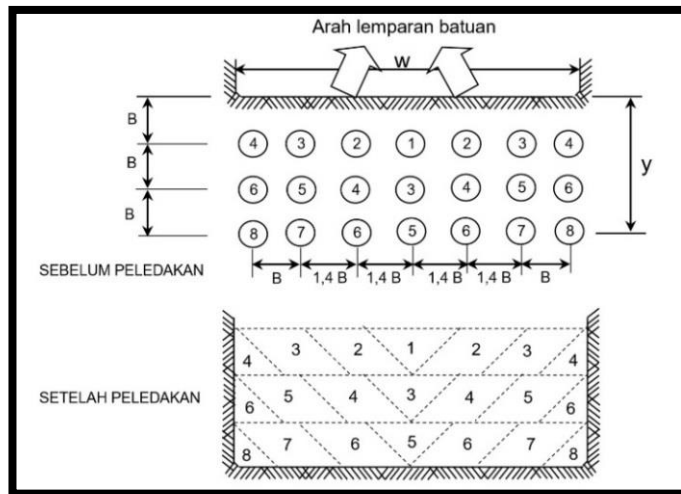


Gambar 2.3 Peledakan pojok antar baris dengan pola bujursangkar dan sistem inisiasi echelon

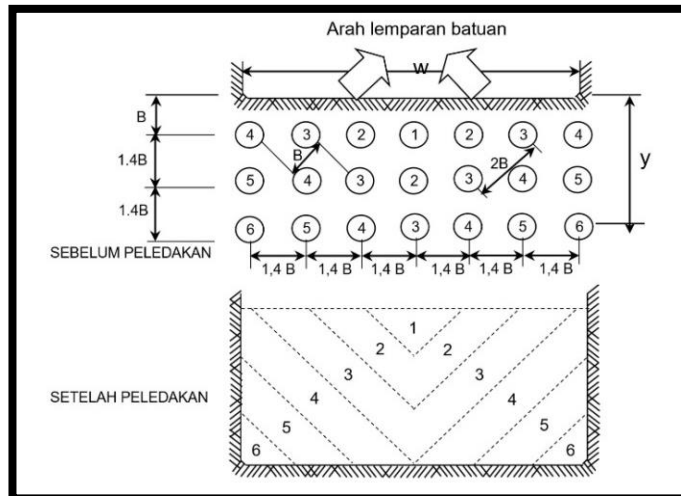


Gambar 2.4 Peledakan pojok antar baris dengan pola staggered

- 3) Bila peledakan dilakukan pada bidang bebas yang memanjang, maka sistem inisiasi dan S/B dapat diatur seperti pada Gambar 2.5 dan 2.6



Gambar 2.5 Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut bujursangkar dan waktu tunda close-interval

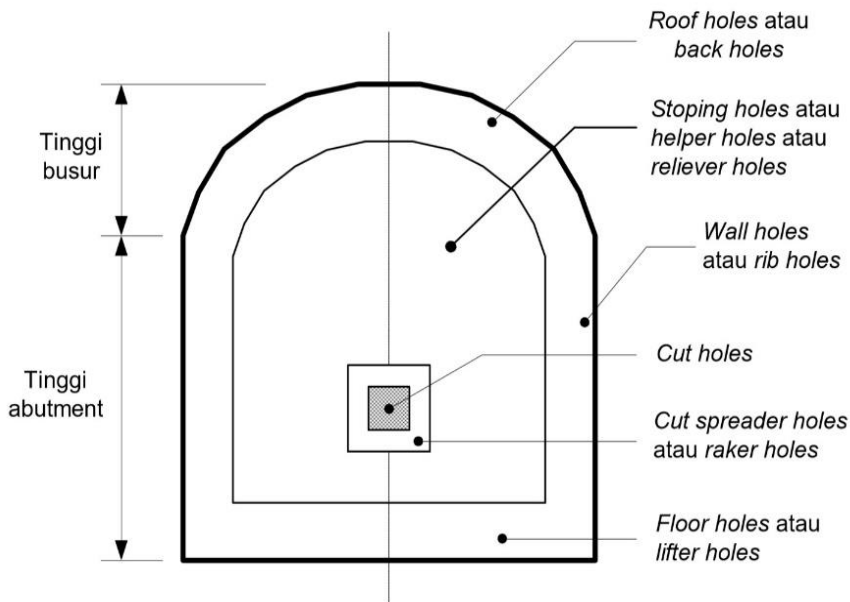


Gambar 2.6 Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut persegi panjang dan waktu tunda bebas

2.2.2 Pola Peledakan Bawah Tanah

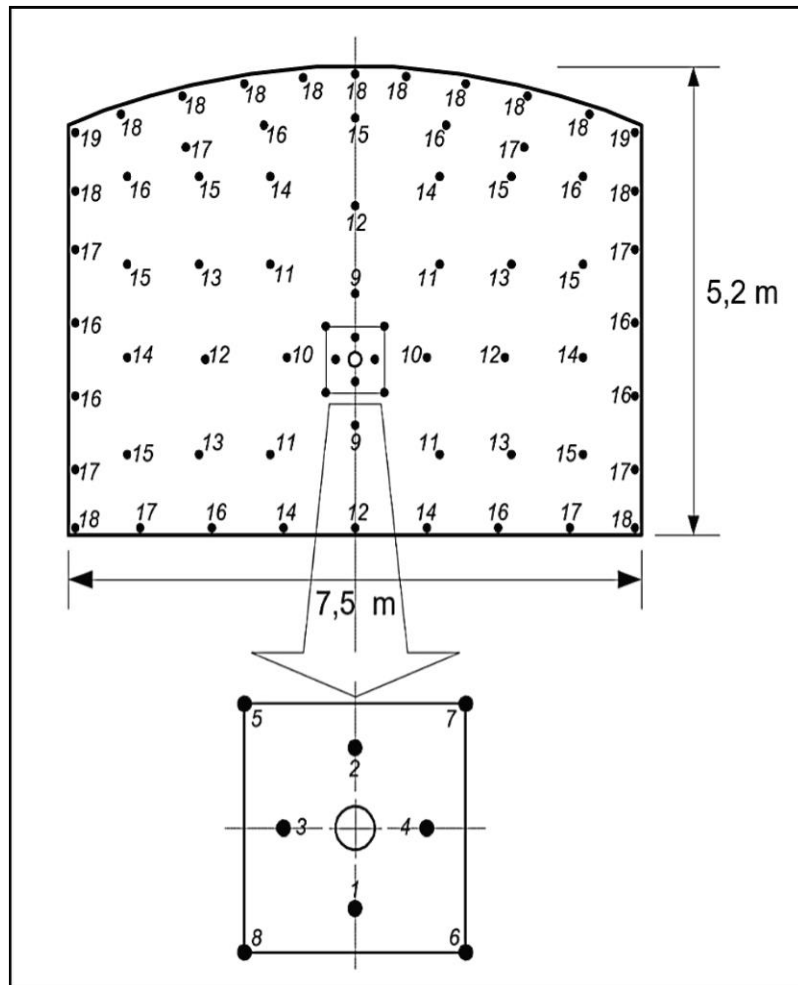
Prinsip pola peledakan di bawah tanah adalah sama dengan di areal terbuka, yaitu membuat sekuensial ledakan antar lubang. Peledakan

pembuatan *cut* merupakan urutan pertama peledakan di bawah tanah agar terbentuk bidang bebas baru disusul lubang-lubang lainnya, sehingga lemparan batuan akan terarah. Urutan paling akhir peledakan terjadi pada sekeliling sisi lubang bukaan, yaitu bagian atap dan dinding. Pada bagian tersebut pengontrolan menjadi penting agar bentuk bukaan menjadi rata, artinya tidak banyak tonjolan atau *backbreak* pada bagian dinding dan atap.

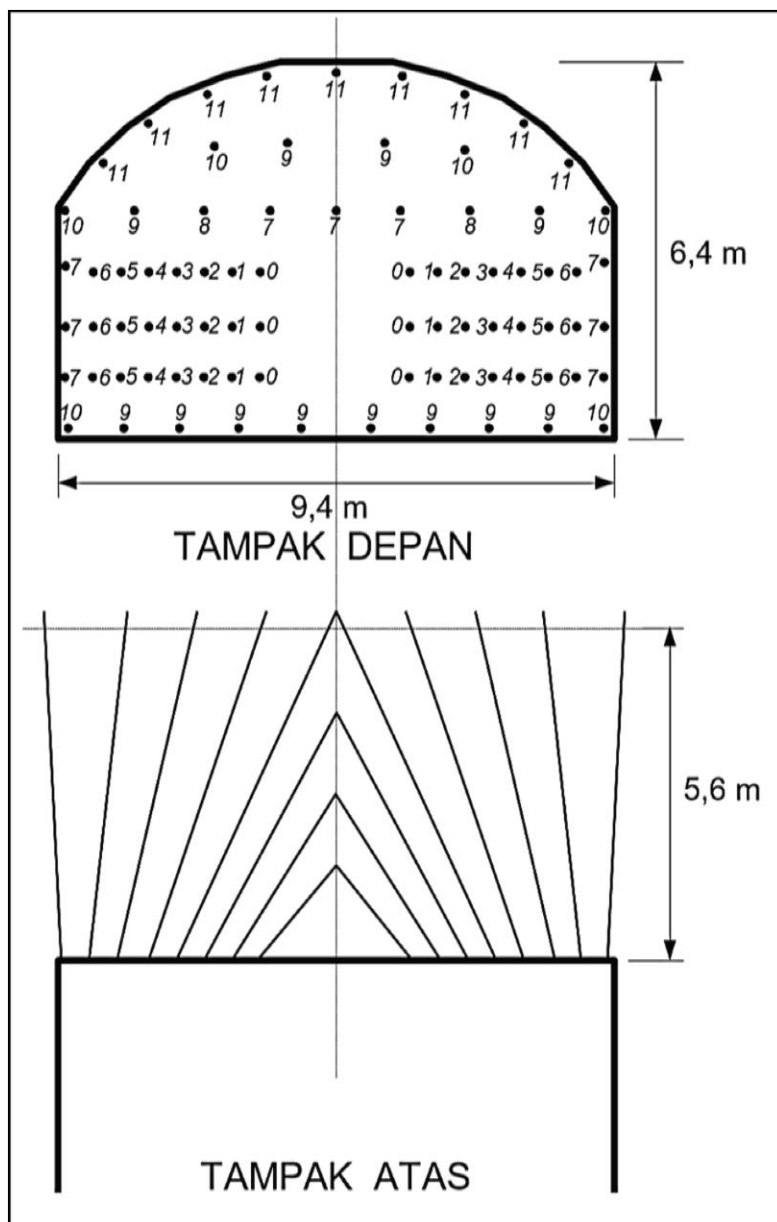


Gambar 2.7 Kelompok lubang pada pemuka kerja suatu terowongan

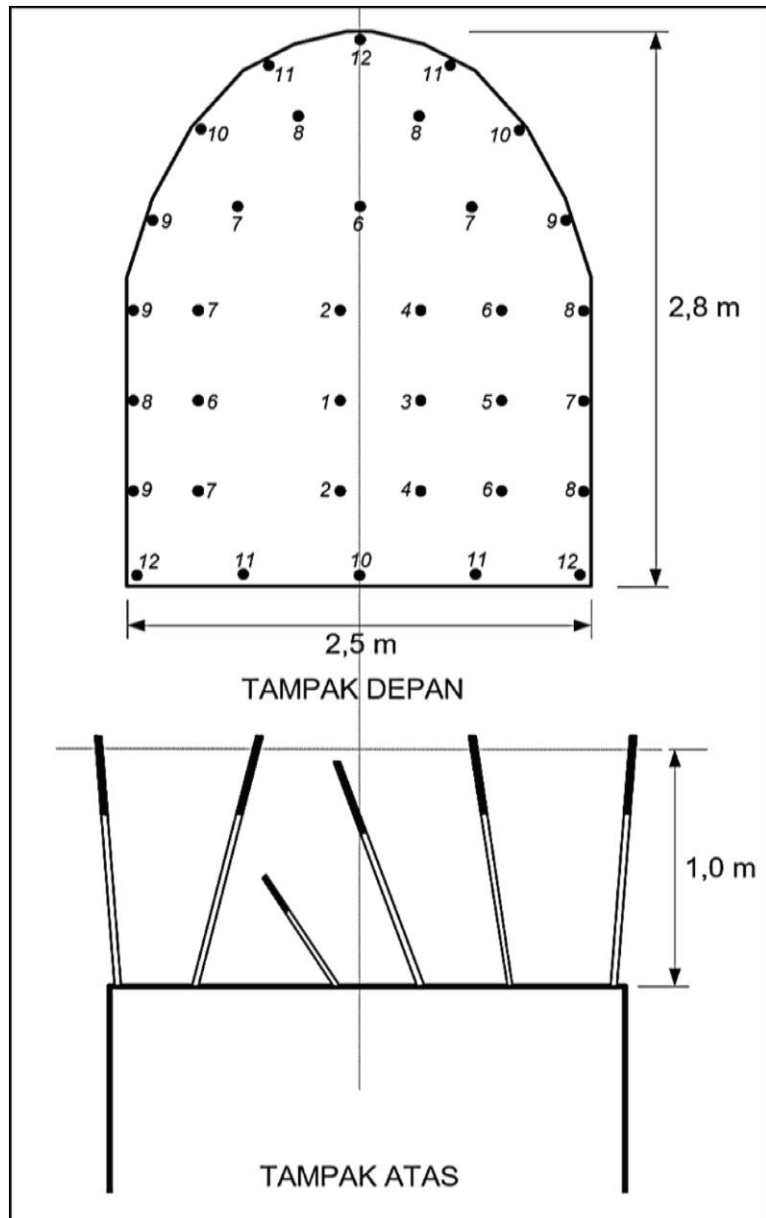
Permuka kerja suatu bukaan bawah tanah, misalnya pada pembuatan terowongan, dibagi ke dalam beberapa kelompok lubang yang sesuai dengan fungsinya (lihat Gambar 2.7), yaitu *cut hole*, *cut spreader hole*, *stopping hole*, *roof hole*, *wall hole* dan *floor hole*. Bentuk suatu terowongan terdiri bagian bawah yang disebut *abutment* dan bagian atas dinamakan busur (*arc*). Gambar 2.8, 2.9, dan 2.10 memperlihatkan pola peledakan untuk membuat terowongan dengan bentuk *cut* yang berbeda masing-masing *burn cut*, *wedge cut*, dan *drag cut*.



Gambar 2.8 Pola peledakan dengan burn cut pada suatu terowongan



Gambar 2.9 Pola peledakan dengan wedge cut pada suatu terowongan



Gambar 2.10 Pola peledakan dengan drag cut pada suatu terowongan

2.2.3 Geometri Peledakan Jenjang

Kondisi batuan dari suatu tempat ke tempat 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 kemampuan-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/m³ atau kg/ton).

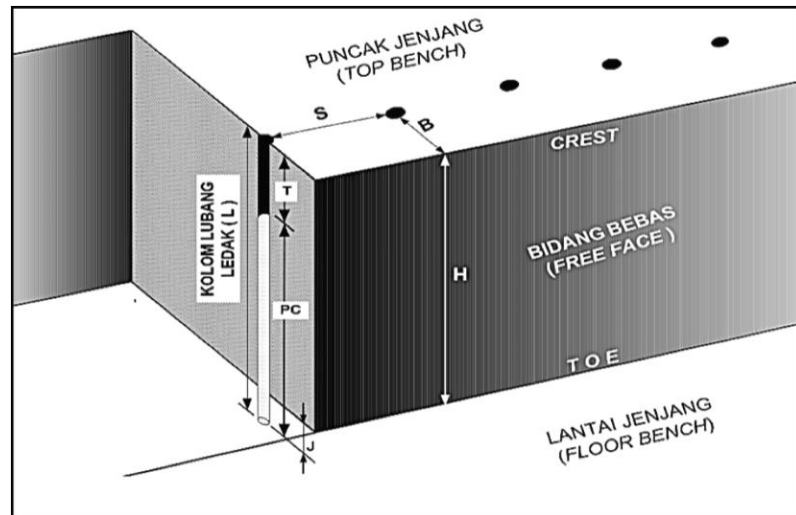
Terdapat beberapa cara untuk menghitung geometri peledakan yang telah diperkenalkan oleh para ahli, antara lain: Anderson (1952), Pearse (1955), R.L. Ash (1963), Langefors (1978), Konya (1972), Foldesi (1980), Olofsson (1990), Rustan (1990) dan lainnya. Cara-cara tersebut menyajikan batasan konstanta 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, diantaranya ICI Explosive, Dyno Wesfarmer Explosives, Atlas Powder Company, Sasol SMX Explosives Engineers Field Guide dan lain-lain. 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.

Terminologi dan simbol yang digunakan pada geometri peledakan seperti terlihat pada Gambar 2.11 yang artinya sebagai berikut:

- B = burden;
- L = kedalaman kolom lubang ledak
- S = spasi;

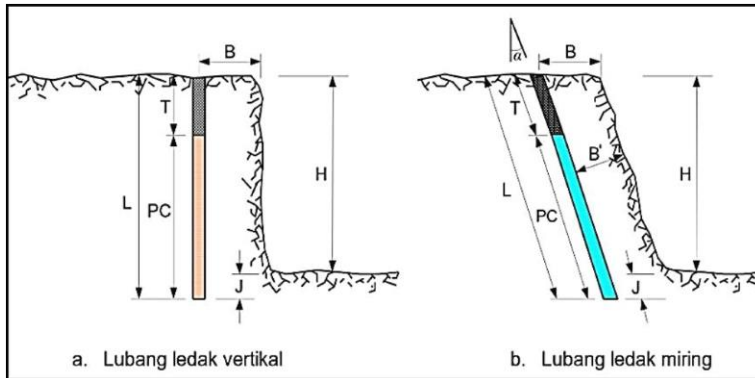
- T = penyumbat (*stemming*)
- H = tinggi jenjang;
- PC = isian utama (*primary charge* atau *powder column*)
- J = subdrilling.



Gambar 2.11 Terminologi dan simbol geometri peledakan

Lubang ledak tidak hanya vertikal, tetapi dapat 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 2.12).

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



Gambar 2.12 Lubang ledak vertikal dan miring

Rancangan menurut Konya

Burden dihitung berdasarkan diameter lubang ledak, jenis batuan dan jenis bahan peledak yang diekspresikan dengan densitasnya. Rumusnya ialah:

$$B = 3.15x d_e x \sqrt[3]{\left(\frac{\rho_e}{\rho_r}\right)}$$

Dimana:

- B = burden (ft),
- d_e = diameter bahan peledak (inci),
- ρ_e = berat jenis bahan peledak dan
- ρ_r = berat jenis batuan.

Spasi ditentukan berdasarkan sistem tunda yang direncanakan dan kemungkinannya adalah:

- Serentak tiap baris lubang ledak (*instantaneous single-row blastholes*)
 - H < 4B → S = (H+2B)/3
 - H > 4B → S = 2B
- Berurutan dalam tiap baris lubang ledak (*sequenced single-row blastholes*)
 - H < 4B → S = (H+7B)/8
 - H > 4B → S = 1,4B

- Stemming (T):
 - Batuan massif, $T = B$
 - Batuan berlapis, $T = 0,7B$
- Subdrilling (J) = 0,3B
- Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan 2 aspek, yaitu (1) efek ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi, *airblast*, *flyrock*, dan getaran tanah; dan (2) biaya pengeboran. Tinggi jenjang (H) dan burden (B) sangat erat hubungannya untuk keberhasilan peledakan dan ratio H/B (yang dinamakan *Stiffness Ratio*) yang bervariasi memberikan respon berbeda terhadap fragmentasi, *airblast*, *flyrock*, dan getaran tanah yang hasilnya seperti terlihat pada Tabel 2.1. Sementara diameter lubang ledak ditentukan secara sederhana dengan menerapkan “Aturan Lima (*Rule of Five*)”, yaitu ketinggian jenjang (dalam feet) “Lima” kali diameter lubang ledaknya (dalam inci).

Tabel 2.1 Potensi yang terjadi akibat variasi stiffness ratio

<i>Stiffness Ratio</i>	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	Kontrol dan fragmentasi baik
4	Memuaskan	Sangat kecil	Sangat sedikit	Sangat kecil	Tidak akan menambah keuntungan bila <i>stiffness ratio</i> di atas 4

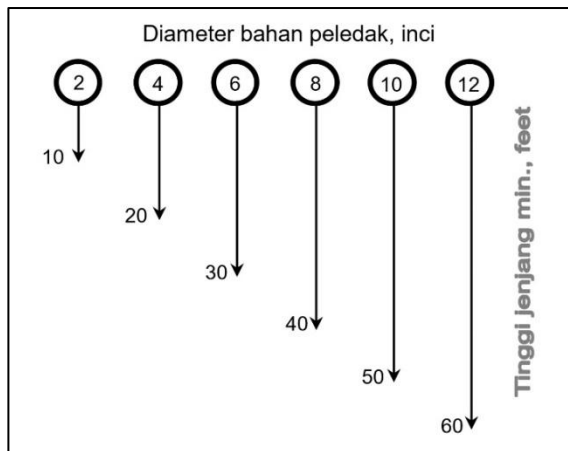
Contoh-1: Sebuah perusahaan mendapat proyek untuk memotong tebing yang akan digunakan jalan raya. Tinggi jenjang maksimum 30 ft. Karena alat yang akan digunakan kecil, maka fragmentasi harus sesuai dengan ukuran peralatan tersebut. Terdapat 2 unit alat bor yang masing-masing bisa membuat lubang ledak berdiameter 5 inci dan 7 $\frac{7}{8}$ inci. Rancang geometrinya agar pembongkaran tebing berhasil?

Penyelesaian-1:

Untuk memperoleh fragmentasi yang “baik”, pilih ratio $H/B = 3$. Bahan peledak yang digunakan mempunyai densitas 0,85 gr/cc dan batuan yang akan diledakkan densitasnya 2,65 ton/m³. Data tersebut digunakan untuk mencari diameter bahan peledak (d_e).

- $H/B = 3$; dengan $H = 30$ ft diperoleh $B = 30/3 = 10$ ft.
- Dengan menggunakan rumus
- $B = 3.15x d_e x \sqrt[3]{\left(\frac{\rho_e}{\rho_r}\right)}$

diperoleh diameter bahan peledak, yaitu: $10 = 3.15x d_e x (0,8/2,65)^{1/3}$
 $d_e = (10/2,1131) = 4,73$ inci $\sim 4,75$ inci.



Gambar 2.13 Tinggi jenjang minimum berdasarkan Aturan lima (Rule of Five)

Rancangan menurut ICI-Explosives

Salah satu cara merancang geometri peledakan dengan “coba-coba” atau trial and error atau rule of thumb yang akan diberikan adalah dari ICI Explosives. Tinggi jenjang (H) dan diameter lubang ledak (d) merupakan pertimbangan pertama yang disarankan. Jadi cara ini menitikberatkan pada alat yang tersedia atau yang akan dimiliki, kondisi batuan setempat, peraturan tentang batas maksimum ketinggian.

Jenjang yang diizinkan Pemerintah, serta produksi yang dikehendaki. Selanjutnya untuk menghitung parameter lainnya sebagai berikut:

- (1) Tinggi jenjang (H): Secara empiris $H = 60d - 140d$.
- (2) Burden (B) antar baris; $B = 25d - 40d$
- (3) Spasi antar lubang ledak sepanjang baris (S); $S = 1B - 1,5B$
- (4) Subgrade (J); $J = 8d - 12d$
- (5) Stemming (T); $T = 20d - 30d$
- (6) Powder Factor (PF);

$$\begin{aligned} PF &= (\text{Berat bahan peledak} / \text{Volume batuan}) \\ &= \{(\text{berat/meter}) \times (\text{panjang-isian}) / (B \times S \times H)\} \end{aligned}$$

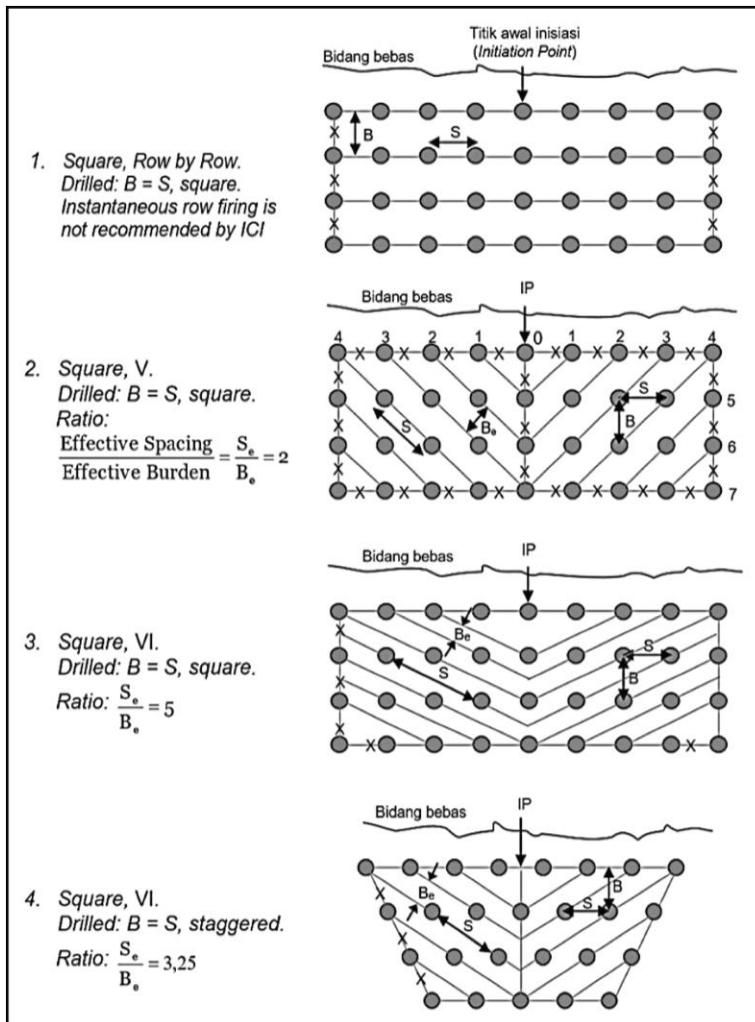
Burden dan spasi, butir (2) dan (3), dapat berubah tergantung pada sekuen inisiasi yang digunakan (lihat Gambar 2.14), yaitu:

- Tipe sistem inisiasi tergantung pada bahan peledak yang dipilih dan peraturan setempat yang berlaku.
- Waktu tunda antar lubang sepanjang baris yang sama disarankan minimal 4 ms per meter panjang spasi.
- Waktu tunda minimum antara baris lubang yang berseberangan antara 4 ms – 8 ms per meter. Dikhawatirkan apabila lebih kecil dari angka ms tersebut tidak cukup waktu untuk batuan bergerak ke depan dan konsekuensinya bagian bawah setiap baris material akan tertahan.
- Waktu tunda dalam lubang (*in-hole delay*) untuk sistem inisiasi nonel direkomendasikan tidak meledak terlebih dahulu sampai detonator tunda di permukaan (*surface delay*) terpropagasi seluruhnya.

Contoh-2:

Apabila Contoh-1 dilanjutkan dengan mempertimbangkan kemampuan jangkauan alat muat 12 m dan ketinggian tersebut masih didalam batas izin Pemerintah. Dengan menggunakan diameter lubang ledak hasil perhitungan Contoh-1,

Hitunglah parameter geometri peledakan lainnya?



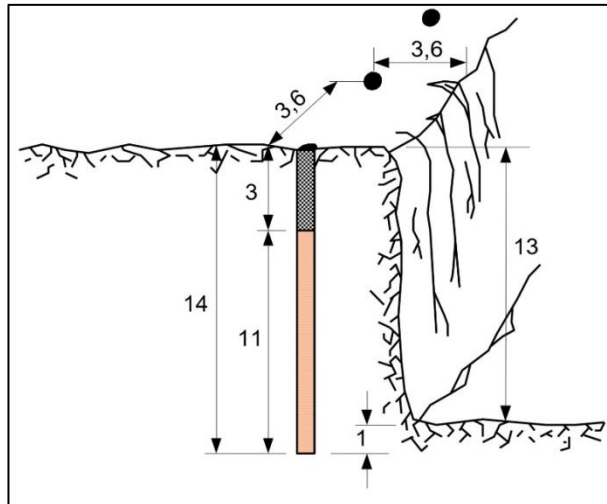
Gambar 2.14 Tipe-tipe sekuen inisiasi (dari ICI explosives)

Penyelesaian-2:

- (1) Tinggi jenjang (H) dapat ditambah 1 m, karena tumpukan fragmentasi hasil peledakan yang akan digali alat muat akan lebih rendah hingga berkurang sekitar 1 m. Jadi $H = 12 + 1 = 13$ m
- (2) Burden (B) = $25d - 40d$; Misalnya diambil 30d; $B = 30 \times 4,75 = 142,5$ inci = 3,6 m

- (3) Spasi (S) = $1B - 1,5B$ Misalnya diambil $1B$ (*square pattern*); $S = 3,6$ m
- (4) Subgrade (J) = $8d - 12$ d Misalnya diambil $9d$; $J = 9 \times 4,75 = 42,75$ inci = $1,0$ m
- (5) Stemming (T) = $20d - 30d$ Misalnya diambil $25d$; $T = 25 \times 4,75 = 118,75$ inci = $3,0$ m
- (6) Kedalaman kolom lubang ledak (L) = $H + J = 13 + 1 = 14$ meter
- (7) Panjang isian utama (PC) = $L - T = 14 - 3 = 11$ m

Perhitungan Powder Factor akan diuraikan tersendiri dan ilustrasi geometri peledakan hasil perhitungan di atas.



Gambar 2.15 Geometri peledakan hasil perhitungan

2.2.4 Perencanaan Kapasitas Peledakan

Powder Factor (PF)

Powder factor (PF) menunjukkan jumlah bahan peledak (kg) yang dipakai untuk memperoleh satu satuan volume atau berat fragmentasi peledakan, jadi satuannya biasa kg/m^3 atau kg/ton . Pemanfaatan PF cenderung mengarah pada nilai ekonomis suatu proses peledakan karena berkaitan dengan harga bahan peledak yang digunakan dan perolehan fragmentasi peledakan yang akan dijual.

Perhitungan volume yang akan diledakkan

Pada tambang terbuka atau quarry, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang (*bench blasting*), volume batuan yang akan diledakkan tergantung pada dimensi spasi, burden, tinggi jenjang, dan jumlah lubang ledak yang tersedia. Dimensi atau ukuran spasi, burden dan tinggi jenjang memberikan peranan yang penting terhadap besar kecilnya volume peledakan. Artinya volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran ketiga parameter tersebut diperbesar, sebaliknya untuk volume yang kecil.

Sedangkan pada tambang bawah tanah, baik pembuatan terowongan atau jenis bukaan lainnya, volume hasil peledakan diperoleh dari perkalian luas permukaan kerja atau front kerja atau *face* dengan kedalaman lubang ledak rata-rata. Prinsip volume yang akan diledakkan adalah perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H) yang hasilnya berupa balok dan bukan volume yang telah terberai oleh proses peledakan. Volume tersebut dinamakan volume padat (solid atau insitu atau bank), sedangkan volume yang telah terberai disebut volume lepas (*loose*).

Konversi dari volume padat ke volume lepas menggunakan faktor berai atau *swell factor*, yaitu suatu faktor peubah yang dirumuskan sbb:

$$SF = (V_s / V_L) \times 100\%$$

apabila : $V_s = B \times S \times H$

maka : $V_L = (B \times S \times H) / SF$

dimana SF, VS dan VL masing-masing adalah faktor berai (dalam %), volume padat dan volume lepas.

Apabila ditanyakan berat hasil peledakan, maka dihitung dengan mengalikan volume dengan densitas batuan, jadi:

$$W = V \times \rho$$

dimana ρ adalah densitas batuan.

Perlu diingat bahwa berat hasil peledakan baik dalam volume padat maupun volume lepas bernilai sama, tetapi densitasnya berbeda, di mana densitas pada kondisi lepas akan lebih kecil dibanding padat.

Contoh-3:

Melanjutkan penyelesaian dari Contoh-2 yang telah mendapatkan spasi 3,60 m, burden 3,6 m dan tinggi jenjang 13 m. Dari percobaan yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh bahwa batuan tersebut setelah diledakkan terberai dengan faktor berai 82%. Bila telah dibuat 100 lubang dan densitas batuan padat 2,50 ton/m³, hitunglah volume padat, lepas dan berat hasil peledakan seluruhnya?

Penyelesaian-3:

- a) $VS = B \times S \times H$; $VS = 3,6 \times 3,6 \times 13 = 168,50 \text{ m}^3$ (bank)/lubang
- b) Volume seluruh hasil peledakan (VS-total) = $100 \times 168,5 = 16.850 \text{ m}^3$ (bank)
- c) $V_L = (B \times S \times H) / (SF) = 16.850 / 0,82 = 20.548,80 \text{ m}^3$ (loose)
- d) $W = 20.548,80 \times 2,5 = 51.372 \text{ ton}$

Perhitungan jumlah bahan peledak

Perhitungan jumlah bahan peledak dilakukan dengan *loading density* (densitas pengisian). Pengertian densitas pengisian (*loading density*), yaitu jumlah bahan peledak setiap meter kedalaman kolom lubang ledak (lihat tabel 4.2). Densitas pengisian digunakan untuk menghitung jumlah bahan peledak yang diperlukan setiap kali peledakan. Disamping itu, perhatikan pula kolom lobang ledak (L) yang terbagi menjadi penyumbat atau *stemming* (T) dan isian utama (PC). Bahan peledak hanya terdapat sepanjang kolom PC, sehingga keperluan bahan peledak setiap kolom adalah perkalian PC dengan densitas pengisian (ρ_d) atau:

$$W_{\text{handak}} = PC \times \rho_d$$

$$W_{\text{total handak}} = n \times PC \times \rho_d$$

dimana n adalah jumlah seluruh lubang ledak. Densitas pengisian (ρ_d) dicari menggunakan Tabel 4.2, yaitu angka yang diperoleh dari hasil perpotongan kolom diameter lubang ledak dengan baris densitas bahan peledak. Misalnya berapa ρ_d bila diameter lubang ledak 102 mm (4 inci) dan bahan peledak berdensitas 1,0 gr/cc. Caranya adalah dengan menarik garis horizontal dari angka 102 mm pada kolom diameter dan berpotongan

dengan garis vertikal dari densitas bahan peledak 1,0 gr/cc pada angka 8,17, jadi $\rho_d = 8,17 \text{ kg/m}$.

Tabel 2.2 Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m

Diameter lubang ledak		Densitas bahan peledak, gr/cc								
mm	inci	0.70	0.80	0.85	0.90	1.00	1.15	1.20	1.25	1.30
76	3.00	3.18	3.63	3.86	4.08	4.54	5.22	5.44	5.67	5.90
89	3.50	4.35	4.98	5.29	5.60	6.22	7.15	7.47	7.78	8.09
102	4.00	5.72	6.54	6.95	7.35	8.17	9.40	9.81	10.21	10.62
108	4.25	6.41	7.33	7.79	8.24	9.16	10.54	10.99	11.45	11.91
114	4.50	7.14	8.17	8.68	9.19	10.21	11.74	12.25	12.76	13.27
121	4.75	8.05	9.20	9.77	10.35	11.50	13.22	13.80	14.37	14.95
127	5.00	8.87	10.13	10.77	11.40	12.67	14.57	15.20	15.83	16.47
130	5.13	9.29	10.62	11.28	11.95	13.27	15.26	15.93	16.59	17.26
140	5.50	10.78	12.32	13.08	13.85	15.39	17.70	18.47	19.24	20.01
152	6.00	12.70	14.52	15.42	16.33	18.15	20.87	21.78	22.68	23.59
159	6.25	13.90	15.88	16.88	17.87	19.86	22.83	23.83	24.82	25.81
165	6.50	14.97	17.11	18.18	19.24	21.38	24.59	25.66	26.73	27.80
178	7.00	17.42	19.91	21.15	22.40	24.88	28.62	29.86	31.11	32.35
187	7.38	19.23	21.97	23.34	24.72	27.46	31.58	32.96	34.33	35.70
203	8.00	22.66	25.89	27.51	29.13	32.37	37.22	38.84	40.46	42.08
210	8.25	24.25	27.71	29.44	31.17	34.64	39.83	41.56	43.30	45.03
229	9.00	28.83	32.95	35.01	37.07	41.19	47.37	49.42	51.48	53.54
251	9.88	34.64	39.58	42.06	44.53	49.48	56.90	59.38	61.85	64.33
270	10.63	40.08	45.80	48.67	51.53	57.26	65.84	68.71	71.57	74.43
279	11.00	42.80	48.91	51.97	55.02	61.14	70.31	73.36	76.42	79.48
286	11.25	44.97	51.39	54.61	57.82	64.24	73.88	77.09	80.30	83.52
311	12.25	53.18	60.77	64.57	68.37	75.96	87.36	91.16	94.96	98.75
349	13.75	66.96	76.53	81.31	86.10	95.66	110.01	114.79	119.58	124.36
381	15.00	79.81	91.21	96.91	102.61	114.01	131.11	136.81	142.51	148.21
432	17.00	102.60	117.26	124.59	131.92	146.57	168.56	175.89	183.22	190.55

Contoh-4:

Dari Contoh-1 diperoleh bahwa diameter lubang ledak 4,75 inci (121 mm) dengan panjang kolom PC 11 m (lihat Gambar 2.15: Geometri peledakan hasil perhitungan). Bahan peledak yang digunakan ANFO yang berdensitas 0,80 gr/cc.

Maka untuk 100 lubang seperti Contoh-3 akan dibutuhkan bahan peledak sebagai berikut:

Penyelesaian-4:

$W_{\text{total handak}} = n \times PC \times \rho_d$

$W_{\text{total handak}} = 100 \times 11 \text{ m} \times 9,2 \text{ kg/m} = 10.120 \text{ kg} = \mathbf{10,12 \text{ ton}}$.

Perhitungan PF

Powder Factor (PF) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan volume peledakan, jadi satuannya kg/m^3 . 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 .

Volume peledakan merupakan perkalian dari $B \times S \times H$, jadi:

$$PF = (W_{\text{handak}}) / (B \times S \times H)$$

PF biasanya sudah ditetapkan oleh perusahaan karena merupakan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya dan juga karena berbagai pertimbangan ekonomi. Umumnya bila hanya berpegang pada aspek teknis hasil dari perhitungan matematis akan diperoleh angka yang besar yang menurut penilaian secara ekonomi masih perlu dan dapat dihemat.

Tolok ukur dalam menetapkan angka PF adalah:

- (1) Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang memuaskan, artinya tidak terlalu banyak bongkahan (*boulder*) atau terlalu kecil. Terlalu banyak bongkahan harus dilakukan peledakan ulang (*secondary blasting*) yang berarti terdapat tambahan biaya; sebaliknya, bila fragmentasi terlalu kecil berarti boros bahan peledak dan sudah barang tentu biaya pun tinggi pula. Ukuran fragmentasi harus sesuai

dengan proses selanjutnya, antara lain ukuran mangkok alat muat atau ukuran umpan (*feed*) mesin peremuk batu (*crusher*).

- (2) Keselamatan kerja peledakan, artinya disamping berhemat juga keselamatan karyawan dan masyarakat di sekitarnya harus terjamin,
- (3) Lingkungan, yaitu dampak negatif peledakan yang mengganggu kenyamanan masyarakat sekitarnya harus dikurangi. Dampak negatif tersebut getaran yang berlebihan, gegaran yang menyakitkan telinga dan suara yang mengejutkan.

Dari pengalaman di beberapa tambang terbuka dan quarry yang sudah berjalan secara normal, harga PF yang ekonomis berkisar antara 0,20 – 0,3 kg/m³. Pada tahap persiapan (*development*) harga PF tidak menjadi ukuran, karena tahap tersebut sasarannya bukan produksi tetapi penyelesaian suatu proyek, walaupun tidak menutup kemungkinan kadang-kadang diperoleh bijih atau bahan galian yang dapat dipasarkan.

Terdapat pula pernyataan **blasting ratio** untuk menilai keberhasilan, yaitu volume peledakan yang diperoleh per kg bahan peledak. Jadi rumusnya adalah perbandingan volume peledakan dengan bahan peledak yang digunakan (kebalikan rumus PF). Namun, pada modul ini hanya akan dipakai PF karena paling banyak digunakan pada industri pertambangan di Indonesia.

Contoh- 5:

Dari Contoh 1 sampai 4 diperoleh bahwa jumlah hasil peledakan 16.850 m³ (bank) dengan mengkonsumsi bahan peledak 10.120 kg.

Hitung PF dan apabila ternyata terlalu besar, bagaimana upaya teknis untuk penghematan yang dapat dilakukan?

Penyelesaian- 5:

- a) $PF = (10.120 \text{ kg}) / (16.850 \text{ m}^3) = 0,60 \text{ kg/m}^3$
- b) Rancangan tersebut menghasilkan pemborosan karena PF terlalu besar, oleh sebab itu perlu dimodifikasi dengan melakukan uji coba mengubah dimensi parameter geometri peledakan dengan tolok ukur keberhasilan ukuran fragmentasi, keselamatan kerja dan lingkungan. Misalnya dilakukan modifikasi terhadap B, S dan penghematan bahan peledak menjadi sebagai berikut:
 - $VS = B \times S \times H$; $VS = 3,6 \times 5 \times 13 = 234 \text{ bcm/lubang}$,

- Volume seluruh hasil peledakan (VS-total) = $100 \times 234 = 23.400$ bcm
- Dari hasil uji coba berkali-kali ternyata bahan peledak dari gundang bisa dikurangi dari 10.120 kg menjadi 7.500 kg per peledakan
- Jadi, PF = $(7.500 \text{ kg}) / (23.400 \text{ bcm}) = \mathbf{0,32 \text{ kg/bcm}}$.

2.3 DESAIN POLA PENGEBORAN

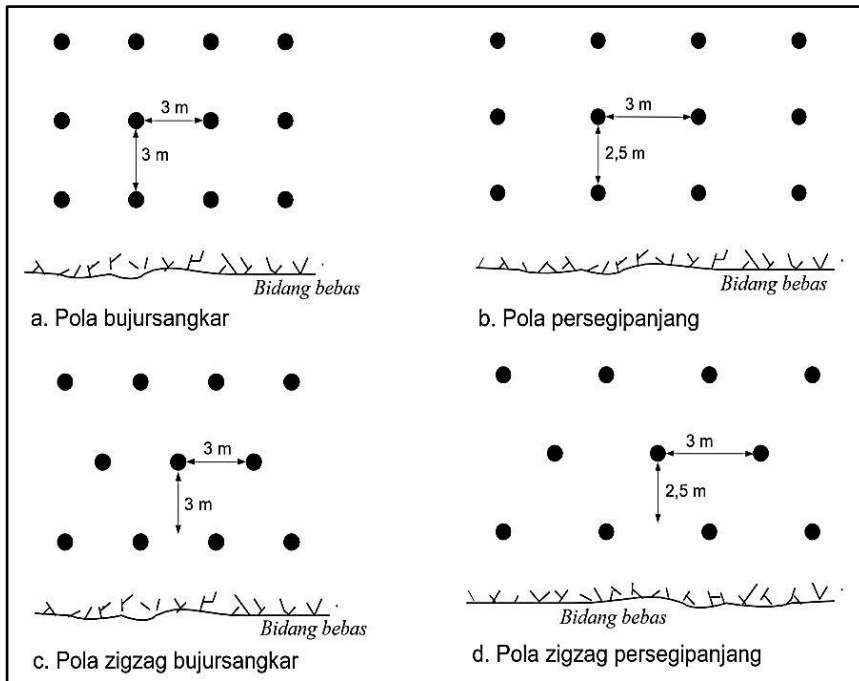
Terdapat perbedaan dalam rancangan pola pengeboran untuk areal bawah tanah dan terbuka. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas area, volume hasil peledakan, suplai udara segar, dan keselamatan kerja. Tabel 2.3 memperlihatkan beberapa alasan atau penyebab yang membedakan pola pengeboran di tambang bawah tanah dan terbuka.

2.3.1 Pola Pengeboran pada Areal 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 (1) dinding bidang bebas dan (2) puncak jenjang (*top bench*).

Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu: (lihat Gambar 2.15).

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



Gambar 2.16 Sketsa pola pengeboran pada tambang terbuka

Tabel 2.3 Penyebab yang membedakan pola pengeboran di areal bawah tanah dan terbuka

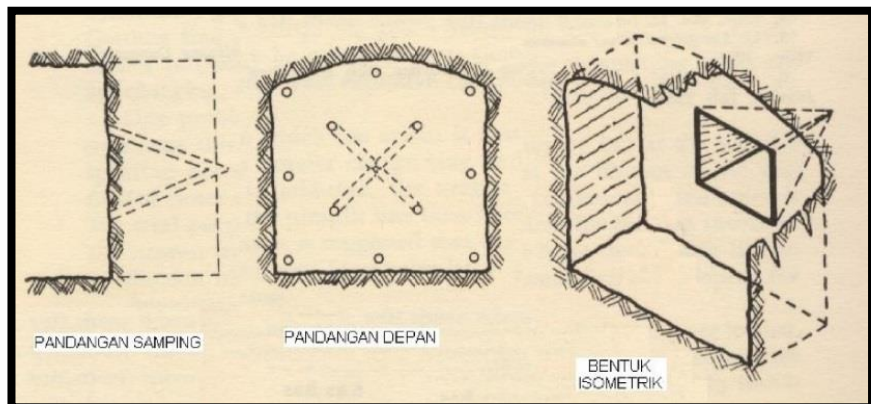
Faktor	Areal bawah tanah	Areal terbuka
Luas area	Terbatas, sesuai dimensi bukaan yang luasnya dipengaruhi oleh kestabilan bukaan tersebut	Lebih luas karena terdapat di permukaan bumi dan dapat memilih area yang cocok
Volume hasil peledakan	Terbatas, karena dibatasi oleh luas permukaan bukaan, diameter mata bor dan kedalaman pengeboran, sehingga produksi kecil	Lebih besar, bisa mencapai ratusan ribu meter kubik 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 batu dari atap, tempat untuk penyelamatan diri terbatas	Relatif lebih aman karena seluruh pekerjaan dilakukan pada area terbuka

2.3.2 Pola Pengeboran Bawah Tanah

Mengingat ruang sempit yang membatasi kemajuan pengeboran dan hanya terdapat satu bidang bebas, maka harus dibuat suatu pola pengeboran yang disesuaikan dengan kondisi tersebut. Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa minimal terdapat dua bidang bebas agar proses pelepasan energi berlangsung sempurna, sehingga batuan akan terlepas atau terberai dari induknya lebih ringan. Pada bukaan bawah tanah umumnya hanya terdapat satu bidang bebas, yaitu permukaan kerja atau *face*.

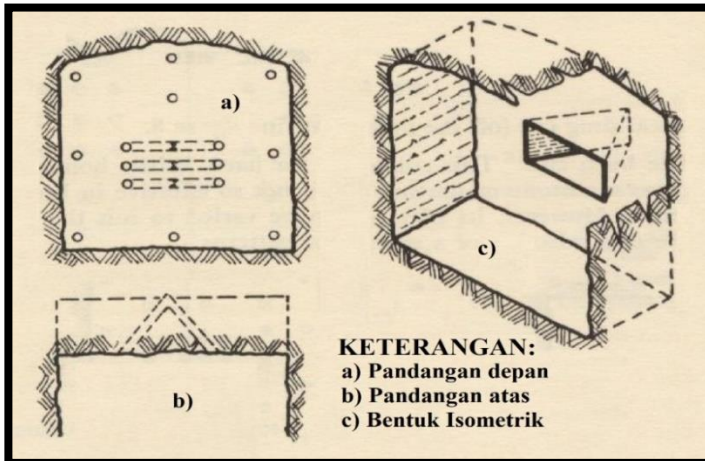
Untuk itu perlu dibuat tambahan bidang bebas yang dinamakan *cut*. Secara umum terdapat empat tipe *cut* yang kemudian dapat dikembangkan lagi sesuai dengan kondisi batuan setempat, yaitu:

- 1) *Center cut* disebut juga *pyramid* atau *diamond cut* (lihat Gambar 2.16). Empat atau enam lubang dengan diameter yang sama dibor ke arah satu titik, sehingga berbentuk piramid. Puncak piramid di bagian dalam diletakkan sekitar 15 cm (6 inci) dari kedalaman seluruh lubang bor yang ada. Pada bagian puncak piramid terkonsentrasi bahan peledak kuat. Dengan meledakkan *center cut* ini secara serentak akan terbentuk bidang bebas baru bagi lubang-lubang ledak di sekitarnya. *Center cut* sangat efektif untuk batuan kuat, tetapi konsumsi bahan peledak banyak dan mempunyai efek gegaran tinggi yang disertai oleh lemparan batu-batu kecil.



Gambar 2.17 Sketsa dasar *center cut*

- 2) *Wedge cut* disebut juga V-cut, *angled cut* atau *cut* berbentuk baji: Setiap pasang dari empat atau enam lubang dengan diameter yang sama dibor ke arah satu titik, tetapi lubang bor antar pasangan sejajar, sehingga terbentuk baji (lihat Gambar 2.17). Cara mengebor tipe ini lebih mudah dibanding *pyramid cut*, tetapi kurang efektif untuk meledakkan batuan yang keras.



Gambar 2.18 Sketsa dasar *wedge cut*

- 3) *Drag cut* atau pola kipas: Bentuknya mirip dengan *wedge cut*, yaitu berbentuk baji. Perbedaannya terletak pada posisi bajinya tidak di tengah-tengah bukaan, tetapi terletak pada bagian lantai atau dinding bukaan. Cara membuatnya adalah lubang dibor miring untuk membentuk rongga di lantai atau dinding. Pengeboran untuk membuat rongga dari bagian dinding disebut juga dengan *fan cut* atau *cut* kipas. Beberapa pertimbangan pada penerapan pola *drag cut*:
- Sangat cocok untuk batuan berlapis, misalnya *shale*, *slate*, atau batuan sedimen lainnya.
 - Tidak efektif diterapkan pada batuan yang keras
 - Dapat berperan sebagai *controlled blasting*, yaitu apabila terdapat instalasi yang penting di ruang bawah tanah atau pada bukaan dengan penyangga kayu.

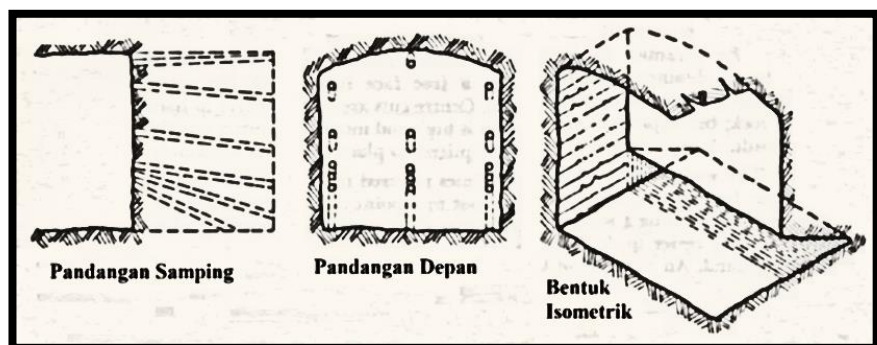
- 4) *Burn cut* disebut juga dengan *cylinder cut* (Gambar 2.18): Pola ini sangat cocok untuk batu yang keras dan regas seperti batu pasir (*sandstone*) atau batuan beku. Pola ini tidak cocok untuk batuan berlapis, namun demikian, dapat disesuaikan dengan berbagai variasi.

Ciri-ciri pola *burn cut* antara lain:

- Lubang bor dibuat sejajar, sehingga dapat mengebor lebih dalam dibanding jenis *cut* yang lainnya
- Lubang tertentu dikosongkan untuk memperoleh bidang bebas mini, sehingga pelepasan tegangan gelombang kompresi menjadi tarik dapat berlangsung efektif. Disamping itu lubang kosong berperan sebagai ruang terbuka tempat fragmentasi batuan terlepas dari lubang yang bermuatan bahan peledak.

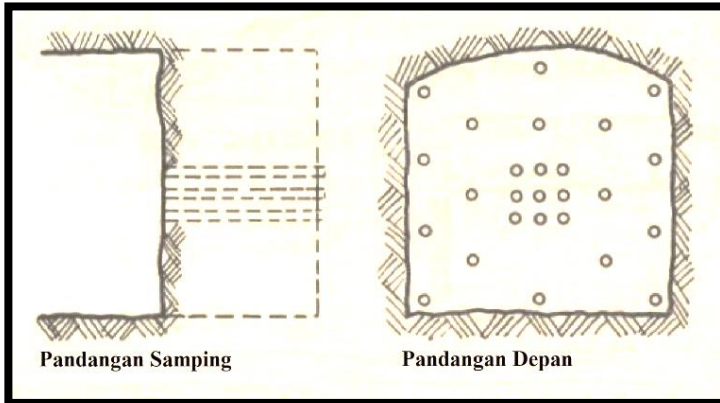
Walaupun banyak variable yang mempengaruhi keberhasilan peledakan dengan pola *burn cut* ini, namun untuk memperoleh hasil peledakan yang memuaskan perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Pola lubang harus benar-benar akurat dan tidak boleh ada lubang bor yang konvergen atau divergen, jadi harus benar-benar lurus dan sejajar.
- Harus digunakan bahan peledak lemah (*low explosive*) untuk menghindari pepadatan dari fragmen batuan hasil peledakan di dalam lubang yang kosong.

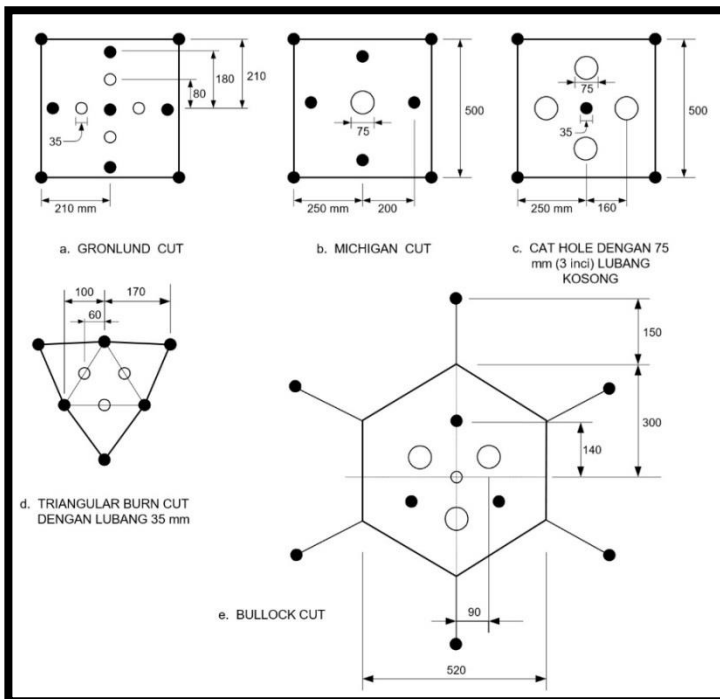


Gambar 2.19 Sketsa dasar drag cut

- Lubang *cut* harus diledakkan secara tunda untuk memberi kesempatan pada fragmen batuan terlepas lebih mudah dari *cut*.



Gambar 2.20 Sketsa dasar burn cut



Gambar 2.21 Variasi burn cut (Langerfors, 1978)

2.4 RINGKASAN

Target volume peledakan adalah perkalian Burden (B), Spasi (S) dan tinggi jenjang (panjang lubang) pengeboran (H). Target fragmentasi yaitu target ukuran bongkahan material yang akan dihasilkan dalam peledakan yang ditentukan oleh:

- Ukuran lubang ledak
- Jenis, sifat dan karakteristik material yang akan diledakkan

Target volume maupun fragmentasi hasil peledakan tidak mudah diprediksi secara akurat, maka setiap kali peledakan supaya selalu dievaluasi dan disempurnakan.

Pola peledakan pada areal terbuka sebagai berikut:

- Peledakan pojok dengan pola *staggered* dengan orientasi antar retakan 90° dengan perbandingan spasi (s) = 1,41 B.
- Bila orientasi antar retakan 60° dengan perbandingan spasi S=1,15B.
- Bila peledakan dirancang dilakukan serentak antar baris dapat dengan pola bujur sangkar.
- Pola peledakan bidang bebas memanjang pola *V-Cut* dengan bentuk persegi panjang.

Pola peledakan bawah tanah dapat didesain dengan:

- Pola peledakan dengan *burn cut*
- Pola peledakan dengan *wedge cut*
- Pola peledakan dengan *drag cut*

Lubang ledak tidak hanya vertikal tetapi dapat juga dibuat miring, sehingga memberikan hasil ledakan berbeda baik dilihat dari ukuran fragmentasi maupun arah lemparannya.

Peralatan pengeboran yang sering dipergunakan adalah: *log drill*, *jack hammer*, *crawler drill* dan *wagon drill*.

Alat pengisi bahan peledak pada lubang ledak, dikelompokkan menjadi:

- Kelompok diameter kecil = < 50 mm (2")
- Kelompok diameter sedang = 50 – 100 mm (2" – 4")
- Kelompok diameter besar = > 100 mm (> 4")

2.5 EVALUASI

2.5.1 Evaluasi Mandiri

Pilih jawaban **ya** atau **tidak** dengan mencontreng (√) pada kolom jawaban yang anda anggap tepat.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
1	Apakah anda dapat mengidentifikasi target produksi sesuai dengan rencana produksi?		
2	Apakah anda dapat mengidentifikasi kondisi batuan sesuai dengan rencana produksi?		
3	Apakah anda dapat mengidentifikasi laporan hasil evaluasi peledakan sebelumnya sesuai dengan rencana produksi?		
4	Apakah anda dapat menghitung target pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per tahun berdasarkan rencana pembongkarannya?		
5	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per periode berdasarkan kondisi dan target pembongkaran?		
6	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan komoditas setiap peledakan berdasarkan pada target produksi?		
7	Apakah anda dapat menentukan parameter geometri peledakan lapisan penutup dan komoditas sesuai dengan kondisi batuan?		
8	Apakah anda dapat menentukan pola peledakan sesuai dengan target peledakan?		
9	Apakah anda dapat menentukan jenis dan jumlah bahan peledak sesuai dengan kondisi batuan dan target pembongkaran?		
10	Apakah anda dapat mengidentifikasi pola dan parameter geometri pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		

2.5.2 Evaluasi Pilihan Berganda

Pilih jawaban dengan memberi tanda silang (×) pada huruf jawaban yang anda anggap paling tepat.

1. Adalah faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang diantaranya yang menjadi tolok ukurnya adalah keberhasilan target produksi aspek:
 - (a) K3.
 - (b) Teknis

- (c) Lingkungan,
 - (d) Semua jawaban benar.
 - (e) Pengetahuan, sikap dan disiplin.
2. Diantara ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak, adalah:
 - (a) Ukuran fragmentasi yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak.
 - (b) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi.
 - (c) menambah bahan peledak tidak akan menghasilkan lemparan yang jauh
 - (d) Tidak ada jawaban yang benar
 - (e) Intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit akan menghasilkan fragmentasi kecil.
 3. Volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran parameter diperbesar, parameter tersebut adalah:
 - (a) Dimensi spasi,
 - (b) Burden,
 - (c) Tinggi jenjang,
 - (d) Jumlah lubang ledak yang tersedia,
 - (e) Semua jawaban benar
 4. Perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H), adalah prinsip:
 - (a) Prinsip volume yang akan diledakkan,
 - (b) Prinsip volume yang telah terberai,
 - (c) Prinsip proses peledakan,
 - (d) Prinsip volume lepas (*loose*),
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.
 5. Peralatan pengaman yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantara-nya adalah, kecuali:
 - (a) Detektor kilat (*lightning detector*),
 - (b) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT),
 - (c) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC,
 - (d) Bendera merah atau pita pembatas area,
 - (e) *Police line* atau garis polisi.

6. Alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan disebut:
 - (a) Tidak ada jawaban yang benar
 - (b) *Vibration monitor*
 - (c) *Noise level indicator*
 - (d) *Speed detonasi*,
 - (e) Semua jawaban benar.
7. Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah, kecuali:
 - (a) Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*).
 - (b) Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
 - (c) Mengurangi getaran
 - (d) Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan,
 - (e) Memperbesar fragmentasi batuan hasil peledakan.
8. Kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada areal terbuka, yaitu:
 - (a) Peledakan pojok dengan pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (b) Tidak ada jawaban yang benar.
 - (c) Peledakan tunda antar beberapa lubang
 - (d) Pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (e) Semua jawaban adalah benar.
9. Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan:
 - (a) Ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (b) Banyaknya jumlah lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (c) Bahan ramuan bahan peledak
 - (d) Susunan lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar
10. Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang memuaskan, adalah:
 - (a) Tidak terlalu banyak bongkahan (*boulder*) atau terlalu kecil
 - (b) Tidak terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (c) Terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (d) Semua jawaban benar
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.

2.6 DAFTAR PUSTAKA

- Anon, 1988, ANFO Type Blasting Agents, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division.
- Anon, 1988, Blasting Explosives and Accessories, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division, pp. 1 – 17.
- Gutafsson, R, 1973, Swedish Blasting Technique, Gothenburg. Sweden.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., and Carcedo, F.J.A 1995, Drilling and Blasting of Rocks, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, Netherlands.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/Mem/2018, Tanggal: 7 Mei 2018, Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Pelaksanaan Perancangan Dan Evaluasi Pengeboran Dan Peledakan Tambang Terbuka Mineral Dan Batubara.**
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Mengelola Gudang Bahan Peledak Pada Pertambangan Mineral Dan Batubara**
- Manon, J.J., 1978, Explosives: their classification and characteristics. E/MJ Operating Handbook of Underground Mining, New York, USA.
- Sugiri, 1976, Penambangan Batu dari Gunung, Proyek Diklat Bina Marga Ditjend Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

BAB 3

PEMILIHAN PERALATAN PELEDAKAN

3.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN

3.1.1 Capaian Pembelajaran Umum

Setelah selesai mempelajari bab ini, pembaca mampu merencanakan target peledakan secara tepat dan akurat sesuai dengan program.

3.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus

Setelah bab ini dipelajari peserta mampu:

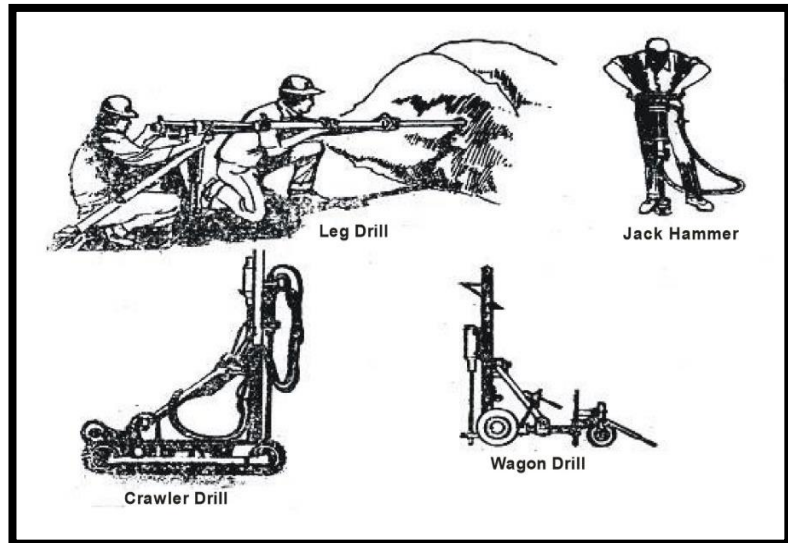
1. Merencanakan target peledakan dan dampaknya serta kapasitas peledakan
2. Membuat desain Pola Peledakan dan Kapasitas Peledakan
3. Merencanakan Pola Peledakan
4. Melakukan pemilihan peralatan
5. Merencanakan pengamanan lingkungan peledakan

3.2 PERALATAN PELEDAKAN

Batu besar, brangkal, gunung-gunung batu dan material lainnya yang perlu dipecahkan dengan menggunakan bahan peledak kedalam ukuran yang direncanakan. Untuk memakai jumlah peledak yang tepat pada tempat yang tepat dan hasilnya sesuai dengan yang diinginkan, pengeboran kedalam batu perlu dilakukan.

Banyak jenis-jenis simbol yang dapat dipergunakan untuk keperluan ini, dan jenis bor itu antara lain ialah:

- *Jackhammer drill, leg drill* yang biasa dipergunakan lubang dangkal maupun dalam berdiameter kecil dan pengeboran sekunder pada brangkal.
- *Crawler drill, wagon drill* untuk pengeboran lubang dalam berdiameter besar.



Gambar 3.1 Peralatan Pengeboran

3.2.1 Pemilihan Bor

Pemilihan jenis bor yang akan digunakan pada suatu quarry tergantung pada beberapa faktor antara lain:

1. Keadaan daerah

Permukaan yang amat kasar tak teratur atau serakan brangkal yang tersebar akan membutuhkan *jack hammer* tanpa memperhatikan faktor-faktor lain.

2. Derajat Pemecahan

Yang sangat tergantung pada ukuran pemecah batu (*stone crusher*). Apabila ukuran maksimum yang dapat diterima oleh pemecah-primer 30 cm, maka produksi brangkal berukuran 60-90 cm membutuhkan pengeboran dan peledakan sekunder atau pemecah tangan. Jadi penghematan dalam peledakan primer dapat menghapus pengerjaan sekunder yang berlebih-lebihan.

3. Ukuran dan

Sifat Permanen Sumber Batu (*quarry*) Apabila perkiraan umur quarry hanya 2-3 tahun saja, maka tidak perlu ada rencana pengembangan yang mahal untuk membuat jenjang-jenjang quarry yang lebar dan tinggi guna keperluan *wagon drill*, *crawler drill*.

4. Penyediaan Air

Lubang dalam berdiameter kecil lebih efisien bila disiram oleh air dari pada udara. Persediaan air yang kurang, akan membatasi kedalaman lubang dan jenis bor yang dapat dipilih.

5. Derajat Pemecahan atau Peretakan Formasi Batu

Pada batu berserat (*fissured*) berat, terutama kuarsa, lapisan batu atau batu kapur yang lapuk, pengeboran lubang panjang relatif kurang efektif. Biasanya lubang yang dibor batu-batu tersebut sulit untuk diisi bahan peledak dan sering sebagian tidak meledak, mungkin juga bisa terjadi sama sekali tak ada yang meledak. Jika letak sumber batu (*quarry*) sudah ditentukan dan sebagian besar pekerjaan pemeriksaan sudah dilaksanakan, semua faktor-faktor diatas akan diketahui.

Seri pertama dari percobaan ledakan akan memberikan gambaran dari jumlah peledak yang dibutuhkan per meter kubik atau ton batu pecah yang baik. Sebelum penentuan terakhir dalam pemilihan bor, fakta dasar dibawah ini perlu diperhitungkan:

- Lubang-lubang dangkal lebih mahal daripada lubang-lubang dalam, ditinjau dari sudut ongkos pengeboran atau penggunaan peledak.
- Lubang berdiameter kecil diletakkan berdekatan dan karena celah kecil ini, pemecahan yang merata serta ukuran batu yang lebih kecil dapat diperoleh.
- Lubang berdiameter besar akan lebih ekonomis, asalkan pemecahan *primer stone crusher* dapat menampung hasilnya tanpa pengerjaan sekunder yang berlebih-lebihan.

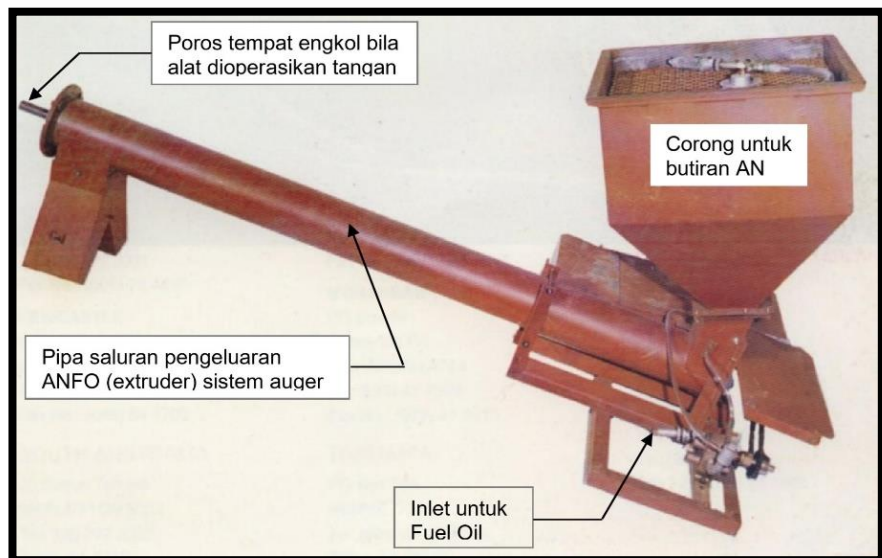
Keputusan untuk memakai *wagon drill* atau *crawler drill* untuk membuat lubang-lubang bor berukuran sedang dan besar atau memakai jenis bor lainnya untuk lubang-lubang bor kecil, relatif tergantung sekali dari sifat batu serta jumlah pemecahan sekunder yang diharapkan, mungkin akan lebih ekonomis untuk memakai wagon drill atau *crawler drill*, selanjutnya dengan memakai tenaga kerja yang besar untuk pemecahan sekunder. Hasil ini membuka lapangan kerja bagi sejumlah tenaga.

3.2.2 Alat Pencampur Bahan Peledak

Bila ANFO dipergunakan sebagai bahan peledakan, maka diperlukan alat untuk mencampur AN dan FO. Alat yang paling sederhana adalah penakar kedua bahan tersebut dan tempat untuk mengaduk bahan-bahan tersebut menjadi campuran yang homogen. Ada yang menggunakan alat pencampur bahan cor (semen, pasir dan air), yaitu *concrete mixer* atau “molen”, sebagai alat untuk mencampur AN dan FO. Alat tersebut cukup baik untuk menghasilkan campuran yang homogen, namun pelaksanaannya harus penuh kehati-hatian, sebab “molen” tidak dirancang untuk mengaduk bahan peledak. Alat pencampur bahan peledak harus memenuhi beberapa persyaratan, sebab hasilnya berupa bahan peledak kuat yang berbahaya bagi keselamatan kerja.

Persyaratan tersebut yaitu:

- Bahan yang kontak dengan AN terbuat dari *stainless-steel* atau diberi lapisan epoxy.
- Pada waktu bekerja tidak menimbulkan panas yang berlebih atau listrik statis.



Gambar 3.2 Pencampur ANFO Coxan (ICI Explosives)

Gambar 3.2 memperlihatkan alat pencampur bahan peledak ANFO yang dinamakan Coxan ANFO Mixer. Alat ini dirancang untuk mencampur AN dan FO dengan perbandingan 94%:6% dengan cara kerja sebagai berikut:

- 1) Butiran AN dimasukkan ke corong (*hopper*) yang dilengkapi dengan saringan. Saringan ini diperlukan karena kadang-kadang terdapat AN yang menggumpal, sehingga gumpalan dan butiran AN dapat dipisahkan. Gumpalan AN yang tertinggal di atas saringan dikeluarkan atau kalau memungkinkan dapat dipukul-pukul di atas saringan agar hancur menjadi butiran dan langsung masuk kedalam corong. Kapasitas corong butiran AN sekitar 70 kg.
- 2) Fluida FO (solar) dialirkan melalui pipa yang tersedia di bagian bawah alat dan mengalir dengan kecepatan konstan.
- 3) Butiran AN turun dengan kecepatan konstan dan FO mengalir dengan kecepatan konstan pula; dengan demikian, maka ANFO yang keluar melalui pipa saluran pengeluaran (*extruder*) pun akan mempunyai kecepatan konstan juga. Perbandingan 94% AN dan 6% FO diperoleh melalui perbedaan kecepatan konstan antara turunnya AN dan aliran FO.

Alat Coxan ANFO Mixer dapat dioperasikan tangan atau tenaga listrik. Bila dioperasikan tangan, maka dipasang engkol di bagian ujung pipa pengeluaran produk ANFO dan laju pengeluaran ANFO bisa mencapai 1000 kg/jam. Sedangkan bila dioperasikan oleh tenaga listrik, diperlukan energi 1100 watt, dan laju produk ANFO antara 40 – 100 kg/menit.

3.2.3 Alat Pengisi Lubang Ledak

Pengisian lubang ledak dapat dilakukan secara manual atau menggunakan alat bantu mekanis. Cara pengisian dibedakan berdasarkan diameter lubang ledak dan untuk alasan tersebut lubang ledak dikelompokkan menjadi:

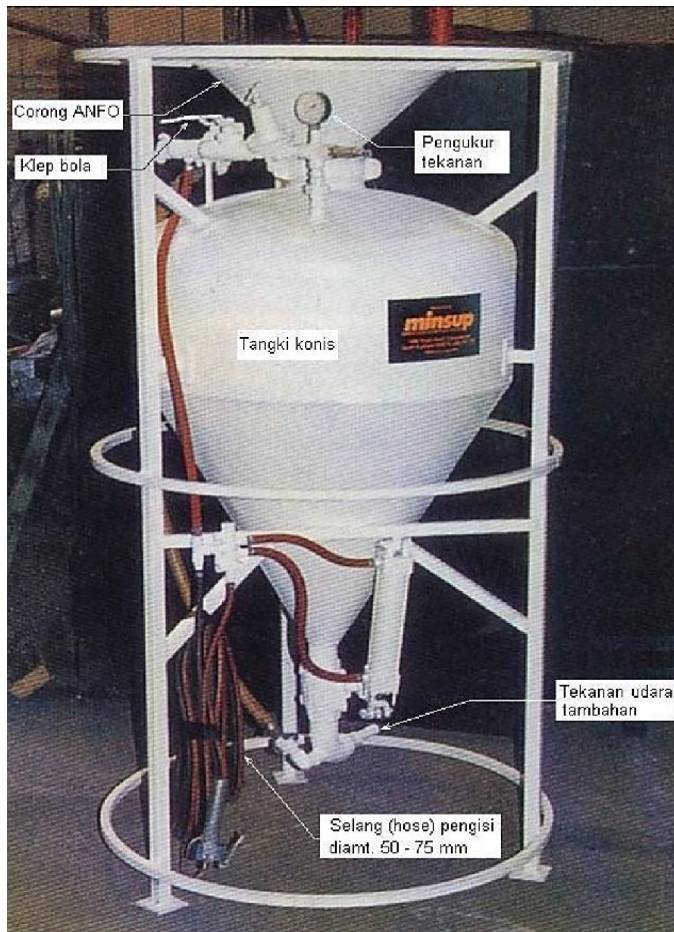
- Diameter Kecil : < 50 mm (2")
- Diameter Sedang : 50 – 100 mm (2" – 4")
- Diameter Besar : > 100 mm (4").

Cara pengisian manual maksudnya bila dilaksanakan langsung dengan cara dicurah ke dalam lubang ledak. Untuk membantu pemadatan digunakan tongkat panjang terbuat dari bambu atau bahan non-konduktor lainnya yang disebut *tamping rod*. Sedangkan cara mekanis bila menggunakan alat bantu pengisian pneumatik, misalnya *pneumatic cartridge charger* dan *ANFO loader*, yang biasanya diterapkan pada pengisian lubang miring atau ke arah atas.

Sedangkan alat mekanis untuk lubang ledak berdiameter besar digunakan *Mobile Mixer/ Manufacturing Unit (MMU)* yang multi-guna, karena dapat berfungsi sebagai pengangkut, pencampur dan sekaligus pengisi.

Pengisian lubang berdiameter “kecil”

Lubang ledak berdiameter “kecil” biasanya mempunyai kedalaman terbatas yang umumnya diterapkan pada penambangan skala kecil. Pengisian dilaksanakan dengan cara manual, bila menggunakan agen peledakan ANFO langsung dicurah dan bila berbentuk *cartridge* langsung dimasukkan satu per satu ke dalam lubang ledak. Pemadatan bahan peledak digunakan alat *tamping rod*. Untuk lubang miring atau mengarah ke atas (*stopper*), pada tambang bawah tanah, biasanya dibantu alat pengisian pneumatik (lihat Gambar 3.3).



Gambar 3.3 Alat bantu pengisian pneumatik (ANFO loader)

ANFO loader pada Gambar adalah salah satu jenis pengisi lubang ledak dengan bahan peledak ANFO. Alat ini terdiri dari tangki konis terbuat dari baja dan bertekanan serta klep bola yang mengatur tekanan menuju selang pengisi berdiameter antara 50 – 75 mm. Tekanan udara tambahan (*secondary air pressure*) dapat dimasukkan melalui pipa di bagian bawah alat untuk menambah tekanan ke selang pengisi. Cara kerja alat ini adalah sebagai berikut:

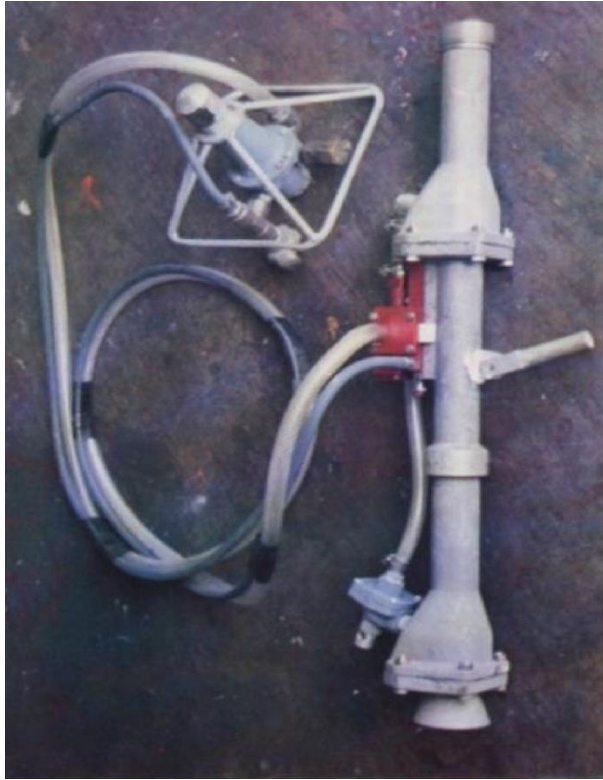
- 1) ANFO dicurah melalui corong di bagian atas ke tangki konis.
- 2) Corong ditutup rapat dan kuat.

- 3) Klep bola dibuka perlahan-lahan sampai tekanan untuk mengeluarkan ANFO melalui selang pengisi memuaskan. Besar tekanan akan sangat tergantung pada densitas ANFO. Alat ini dirancang untuk ANFO dengan densitas sampai 0,95 gr/cm³.

Laju pengisian disamping tergantung pada densitas ANFO juga pada panjang selang yang dipasang dan besar tekanan tambahan. Untuk pemakaian normal, tekanan di dalam corong sekitar 175 – 200 kPa (2 – 3 atm). Dalam kondisi tersebut laju pengisian bisa mencapai 45 kg/menit untuk panjang selang sampai 50 m. Alat ini dirancang untuk kapasitas ANFO mulai 17 kg, 25 kg, 45 kg, 100 kg, 200 kg dan 250 kg.

Pneumatic cartridge charger pada Gambar 3.4 adalah alat pengisi lubang ledak dengan bahan peledak *cartridge*, khususnya *cartridge* berbasis emulsi, misalnya *powergel*. Alat ini sangat efektif bila digunakan pada lubang ledak kecil yang berukuran antara 57 – 76 mm (2” – 3”) dengan kedalaman 58 m untuk lubang kering dan 15 m bila lubang berair. Sangat cocok digunakan untuk pengisian lubang ledak ke arah miring atau ke atas pada tambang bawah tanah.

Tekanan udara yang dialirkan melalui selang mampu memberikan pemadatan, sehingga densitas bahan peledak di dalam lubang ledak bertambah antara 20% - 40% dibanding dengan pemadatan secara manual (dengan tangan biasa). Besarnya tambahan densitas tersebut tergantung pula pada besar tekanan udara yang dialirkan. Alat ini dirancang untuk bahan peledak *cartridge* berbasis emulsi, namun dengan memperhatikan segala kemungkinan yang berkaitan dengan keselamatan kerja dapat pula digunakan untuk bahan peledak *cartridge* berbasis nitroglyserin.



Gambar 3.4 Pneumatic cartridge charger

Pengisian lubang berdiameter sedang

Pengisian lubang ledak berdiameter “sedang” dapat dilakukan secara manual menggunakan tempat yang ukuran volumenya tertentu, misalnya menggunakan ember plastik, agar dapat mengisi lubang ledak dengan tepat sesuai perhitungan. Pada proses ini diperlukan selang (*hose*) berskala untuk mengukur batas kedalaman bahan peledak agar tidak melewati batas kedalaman penyumbat (*stemming*).

Disamping itu, yang perlu diperhatikan adalah legwire atau sumbu nonel atau sumbu ledak harus ditahan agar jangan sampai jatuh dan ke dalam lubang dan terkubur bahan peledak. Pemadatan dilakukan dengan memakai tampung rod yang biasanya dilakukan bersamaan dengan proses pengisian agen peledakan.

Pengisian lubang berdiameter besar

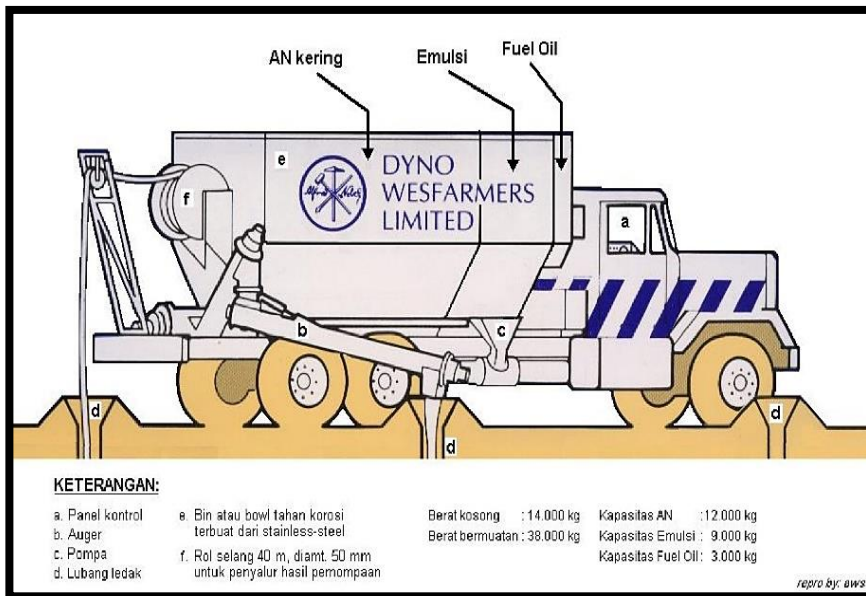
Pengisian lubang ledak berdiameter besar biasanya dilakukan oleh perusahaan penambangan skala besar dengan jumlah produksi mencapai ratusan ribu ton atau m³, sehingga memerlukan bahan peledak cukup banyak. Untuk itu diperlukan lubang ledak yang banyak pula. Apabila pengisian lubang ledaknya dilakukan secara manual tentu tidak akan efektif dan efisien, sehingga diperlukan sentuhan teknologi pengisian lubang ledak.

Saat ini pengisian lubang secara mekanis menggunakan *Mobile Mixer/Manufacturing Unit* (MMU) pada penambangan skala besar sudah banyak dilakukan. Walaupun biaya pengisian lubang ledak secara mekanis cukup tinggi, namun jumlah produksi yang besar sudah diperhitungkan mampu mengatasi biaya tersebut. Dengan demikian untuk penambangan skala besar, pengisian lubang ledak secara mekanis cukup ekonomis ditinjau dari aspek produksi maupun biaya.

Berikut ini adalah jenis bahan peledak dan cara pengeluarannya:

- ANFO dikeluarkan menggunakan sistem ulir (*auger*)
- Heavy-ANFO dengan emulsi kurang dari 60% dapat menggunakan *auger*
- Heavy-ANFO dengan emulsi lebih dari 60% menggunakan pompa.

Oleh sebab itu, setiap MMU harus dilengkapi dengan alat pengeluaran yang mampu mengalirkan bahan peledak sesuai dengan viskositasnya ke dalam lubang ledak dengan kecepatan yang terukur. Gambar 3.5 menunjukkan sketsa MMU buatan Dyno Westfarmers yang menunjukkan susunan kompartemen dan bagian-bagian penting lainnya.



**Gambar 3.5 MMU dan bagian-bagian pentingnya
(Dyno Westfarmers Ltd.)**

Alat pengangkut bahan peledak adalah alat atau kendaraan yang digunakan untuk mengangkut bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan atau dari satu lokasi ke lokasi peledakan yang lain. Alat atau kendaraan yang digunakan sebaiknya memang alat yang dipersiapkan khusus untuk pekerjaan tersebut.

Mengingat perjalanan yang harus ditempuh dari gudang ke lokasi peledakan umumnya cukup jauh, maka faktor keselamatan dan keamanan kerja menjadi sangat penting. Untuk itu terdapat beberapa persyaratan khusus bagi kendaraan pengangkut bahan peledak agar terjamin keselamatan pengangkutannya.

Persyaratan minimal yang harus dipenuhi oleh alat atau kendaraan pengangkut bahan peledak antara lain:

- 1) Alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik
- 2) Tempat atau penampung bahan peledak dapat ditutup
- 3) Bahan peledak kuat dan detonator sebaiknya diangkut dalam kendaraan terpisah. Apabila tidak memungkinkan, boleh diangkut

dalam kendaraan yang sama dan kedua bahan peledak tersebut harus berada dalam tempat atau penampung yang terpisah.

- 4) Bagian kendaraan yang kontak dengan bahan peledak terbuat dari kayu atau bahan lain yang bersifat isolator, misalnya dilapisi *belt conveyor* bekas.
- 5) Terdapat alat pemadam kebakaran dan tanda **dilarang merokok**
- 6) Pada bagian luar terdapat tanda peringatan bahan peledak atau *Explosive* yang dapat terbaca dengan jelas atau membawa bendera merah.

Pada aktivitas penambangan skala kecil, baik quarry, bijih maupun batubara, diperkenankan menggunakan kendaraan kecil sekelas pick-up yang berkapasitas muatan 600 – 1000 kg dengan tetap memperhatikan persyaratan tersebut di atas. Pada dasarnya kendaraan yang mengangkut bahan peledak harus diberi tanda khusus yang mencolok atau berwarna merah, sehingga dapat dilihat dengan jelas perbedaannya dengan kendaraan yang lain.



Gambar 3.6 Mengisi lubang ledak di tambang terbuka

Peralatan pengamanan yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantaranya adalah:

- 1) Detektor kilat (*lightning detector*), dipergunakan untuk memantau kemungkinan adanya petir (lihat Gambar 3.7). Peralatan ini hanya dipakai untuk operasi peledakan dengan sistem peledakan listrik dan untuk daerah-daerah dengan intensitas petir tinggi.
- 2) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT)
- 3) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC.
- 4) Bendera merah atau pita pembatas area yang akan diledakkan dan rambu-rambu di lokasi yang diperkirakan terkena dampak negatif langsung akibat peledakan.

Faktor keselamatan dan keamanan kerja harus menjadi pertimbangan utama dalam melaksanakan operasi peledakan.

3.2.4 Alat Pemantau Dampak Peledakan

Peralatan peledakan yang berhubungan dengan dampak peledakan terhadap lingkungan dikelompokkan ke dalam alat pemantau dampak peledakan. Fungsi pokok alat tersebut adalah untuk mengukur adanya kemungkinan dampak negatif dari getaran dan kebisingan akibat peledakan terhadap lingkungan sekitar titik peledakan. Alat tersebut tidak selalu digunakan setiap kali peledakan, tetapi pada saat-saat tertentu diperlukan untuk pemantauan dampak negatif peledakan terhadap lingkungan. Peralatan tersebut antara lain:

- 1) Pemantau getaran (*vibration monitor*), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan. Alat ini biasanya disiapkan di lokasi penduduk atau fasilitas umum lainnya untuk mengukur getaran yang ditimbulkan peledakan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan getaran pada manusia maupun bangunan (lihat Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Alat pemantau getaran dan suara peledakan DS-677 Blastmate (InstanTel, Inc)

- 2) Pemantau kebisingan suara (*noise level indicator*), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas suara yang ditimbulkan oleh peledakan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan suara terhadap manusia. Alat pemantau getaran DS-677 Blastmate pada Gambar 3.7 dapat pula merekam suara peledakan dan ditulis pada kertas perekam.

3.2.5 Alat Penelitian Bahan Peledak dan Peledakan

Peralatan peledakan lain yang dibutuhkan secara khusus adalah untuk keperluan penelitian peledakan dan untuk mengetahui kinerja bahan peledak.

Beberapa alat yang sering diperlukan diantaranya ialah:

- 1) VOD meter, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur kemampuan kerja bahan peledak dalam hal kecepatan reaksi detonasi

- 2) Video kamera, diperlukan untuk menganalisis suatu operasi peledakan ditinjau dari aspek pelemparan batuan, gerakan fragmentasi batuan, dan dimensi fragmentasi butiran hasil peledakan. Beberapa kamera dapat digunakan sekaligus, dipasang dan diarahkan pada peledakan dari sudut yang berbeda. Hasil rekaman dapat diputar ulang dengan gerakan lambat untuk dianalisis.



Gambar 3.8 Alat perekam kecepatan detonasi (EG&G Special Projects)

3.2.6 Alat Bantu Peledakan Listrik

Alat pemicu pada peledakan listrik dinamakan *blasting machine* (BM) atau exploder merupakan sumber energi penghantar arus listrik menuju detonator. Cara kerja BM pada umumnya didasarkan atas penyimpanan atau pengumpulan arus pada sejenis kapasitor dan arus tersebut dilepaskan seketika pada saat yang dikehendaki. Pengumpulan arus listrik dapat dihasilkan melalui:

- 1) Gerakan mekanis untuk tipe generator, yaitu dengan cara memutar engkol (*handle*) yang telah disediakan (contoh Gambar 3.9a). Putaran engkol dihentikan setelah lampu indikator menyala yang

menandakan arus sudah maksimum dan siap dilepaskan. Saat ini tipe generator sudah jarang digunakan.

- 2) Melalui baterai untuk tipe kapasitor, yaitu dengan cara mengontakkan kunci ke arah starter dan setelah lampu indikator menyala yang menandakan arus sudah terkumpul maksimum dan siap dilepaskan (Gambar 3.9b dan 3.9c).



a. BEETHOVEN MK II A

Engkol memutar generator untuk mengisi kapasitor sampai lebih dari 1200 volts. Setelah penuh lampu indicator menyala dan dengan menekan tombol arus akan dilepaskan. BM ini disarankan dipakai pada tambang batubara. Dimensi: 159 x 114 x 267 mm dan berat 4,5 kg.

b. NISSAN F-3

Kapasitor diisi dengan baterai kering 1,5 volt ukuran "D" yang dapat diganti. Setelah beberapa saat kunci dikontak, lampu indikator menyala (hijau) menandakan arus sudah maksimum dan siap dilepaskan. BM ini mampu meledakkan 30 detonator. Dimensinya 175 x 85 x 55 mm dengan berat 850 gr.

c. REO BM175-10ST

Merupakan BM yang dapat meledakkan 10 sirkuit dengan interval waktu antar sirkuit dapat diatur dari 5 – 199 ms dalam skala 1 ms. Dengan menghubungkan BM ini ke detonator tunda, operator dapat merancang peledakan sesuai dengan yang dikehendaki, sehingga perbaikan fragmentasi bisa diperoleh dan getaran peledakan lemah. Kapasitor diisi baterai kering 1,5 volt ukuran "D" alkalin yang dapat diganti. Dimensi 170 x 317 x 298 mm dengan berat 9 kg.

Gambar 3.9 Beberapa jenis dan tipe pemacu ledak listrik

Arus yang dilepaskan harus dapat mengatasi tahanan listrik di dalam rangkaian peledakan. Untuk itu perlu diketahui benar kapasitas BM yang akan digunakan jangan sampai kapasitasnya lebih kecil dibanding tahanan listrik seluruhnya. Tahanan rangkaian listrik harus diukur atau dihitung terlebih dahulu dan harus dijaga jangan sampai terdapat kebocoran arus karena terdapat kawat terbuka yang berhubungan dengan tanah, air atau bahan lain yang bersifat konduktor.

Pabrik pembuat BM, misalnya buatan Nissan, biasanya mencantumkan jumlah detonator maksimum yang mampu diledakkan oleh BM tersebut, misalnya T50, T100, T200, T300, dan T500. Angka menunjukkan jumlah detonator yang mampu diledakkan oleh BM tersebut.

3.2.7 Alat Pemicu Peledakan non-Listrik

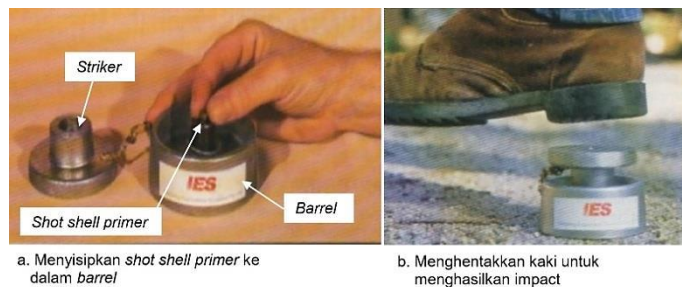
Alat pemicu non-listrik (nonel) dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu penyulut sumbu api dan pemicu nonel atau starter *non-electric*. Untuk penyulut sumbu api telah diuraikan pada Modul 2, Pembelajaran 2 tentang Sumbu dan Penyambung Pada Peledakan, khususnya tentang Cara Penyulutan Sumbu Api. Selanjutnya alat pemicu sumbu api tidak akan diuraikan lagi dan yang akan dibahas berikut ini adalah tentang alat pemicu non-listrik.

Alat pemicu nonel (*starter non-electric*) dinamakan *shot gun* atau *shot firer* atau *shot shell primer*. Seperti diketahui bahwa sumbu nonel mengandung bahan reaktif (HMX) yang akan aktif atau terinisiasi oleh gelombang kejut akibat *impact*. Alat pemicu nonel dilengkapi dengan peluru yang disebut *shot shell primer* dengan ukuran tertentu (untuk buatan ICI Explosives berukuran No. 209). *Shot shell primer* diaktifkan oleh pemicu, yaitu pegas bertekanan tinggi yang terdapat di dalam alat pemicu nonel. Beberapa tipe alat pemicu nonel terlihat pada Gambar 3.10 dan 3.11 masing-masing buatan ICI Explosives dan Nitro Nobel. Pada Gambar 3.12 terlihat bahwa alat pemicunya menggunakan striker yang disisipkan di bagian atas barrel, kemudian transmisi *impact* melalui *shot shell primer* ke sumbu nonel menggunakan hentakan kaki. Sedangkan pada Gambar 3.13 alat pemicu nonel digenggam dan untuk melepas pegas di dalam alat pemicu agar *shot shell primer* mentransmisikan *impact* ke sumbu nonel dengan cara dipukul.

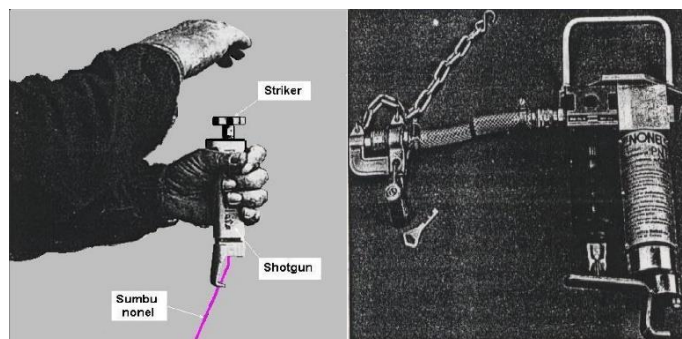
Prosedur penggunaan alat pemicu ledak nonel untuk seluruh tipe seperti pada Gambar 4.34 dan 3.35 adalah sebagai berikut: (1) Informasi dahulu tentang pelaksanaan peledakan ke sekitar lokasi peledakan melalui corong mikrofon atau handy- talky (HT) dan yakinkan bahwa situasi benar-benar aman. (2) Sisipkan *lead-in line* atau *extendaline* atau “sumbu nonel utama” ke dalam lubang yang tersedia pada alat pemicu ledak nonel. (3) Masukkan *shot shell primer* ke dalam lubang yang tersedia, kemudian tutup oleh striker dan siap diledakkan.

3.2.8 Alat Bantu Peledakan Listrik

Peledakan listrik memerlukan alat bantu agar peledakan listrik berlangsung dengan aman dan terkendali. Alat bantu berfungsi sebagai pengukur tahanan, pengukur kebocoran arus, detektor petir, dan kawat utama atau *lead wire* atau *lead lines* atau *firing line*.



Gambar 3.10 Alat pemicu nonel buatan ICI Explosives



Gambar 3.11 Alat pemicu nonel buatan Nitro Nobel

a. Pengukur tahanan (blastometer atau BOM)

Alat pengukur tahanan kawat listrik untuk keperluan peledakan dibuat khusus untuk pekerjaan peledakan dan tidak disarankan digunakan untuk keperluan lain. Sebaliknya, alat pengukur tahanan yang biasa dipakai oleh operator listrik umum, yaitu multitester, dilarang digunakan untuk mengukur kawat pada peledakan listrik. Ruas kawat yang harus diukur tahanannya adalah seluruh legwire dari sejumlah detonator yang digunakan, *connecting wire*, *bus wire*, dan kawat utama. Dengan demikian jumlah tahanan seluruh rangkaian dapat dihitung dan voltage BM dapat ditentukan setelah arus dihitung.

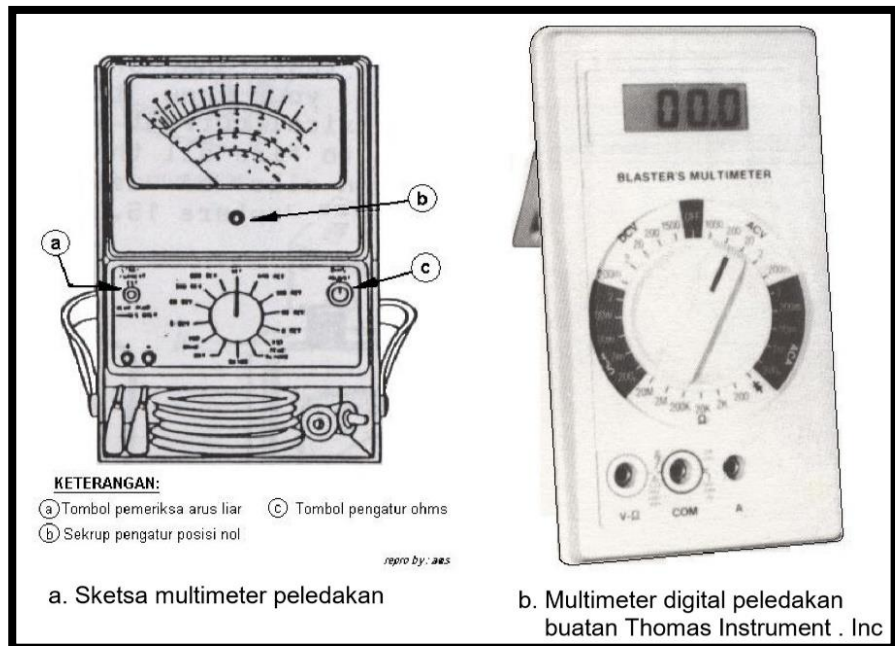
b. Pengukur kebocoran arus

Adanya kebocoran arus dapat terjadi akibat adanya kawat yang tidak terisolasi, misalnya pada sambungan yang kontak dengan air, tanah basah atau batuan konduktif. Kontak tersebut dapat menghentikan arus menuju detonator, sehingga detonator tidak meledak dan dapat menyebabkan gagal ledak.

c. Multimeter peledakan

Multimeter peledakan disebut juga Blasting Multimeter adalah instrumen pengujian yang sekaligus dapat mengukur tahanan, voltage, dan arus. Alat multimeter peledakan dirancang khusus untuk keperluan peledakan dan berbeda dengan multimeter untuk keperluan operator listrik umum. Kegunaan multimeter peledakan adalah:

- Mengukur tahanan sebuah kawat detonator dan tahanan suatu sistem rangkaian peledakan listrik,
- Memeriksa ada-tidaknya arus tambahan di lokasi peledakan,
- Mengukur kebocoran arus antara kawat detonator (*legwire*) dengan bumi,
- Memeriksa kemenerusan (kontinuitas) dan ada-tidaknya arus pendek pada kawat utama, *connecting wire*, dan *legwire* pada detonator.



Gambar 3.12 Multimeter peledakan (blasting multimeter)

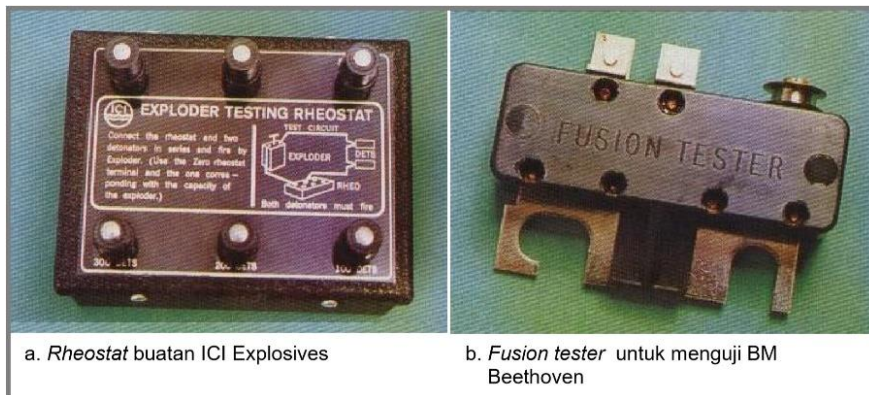
Gambar 3.12 multimeter digital buatan Thomas Instruments model-109 disamping dapat mengukur tahanan, arus dan voltage juga mampu memeriksa arus liar. Ketelitian pembacaan mencapai 0,1% dan dapat dioperasikan pada cuaca antara $-19,5^{\circ}$ – 70°C . Alat ini beroperasi dengan tenaga baterai 9 volt.

d. Rheostat dan fussion tester

Alat ini digunakan untuk menguji efisiensi *blasting machine* (BM) tipe generator maupun kapasitor dalam mengatasi tahanan sejumlah detonator. Alat ini terdiri dari suatu seri resistor (*coils*) dengan tahanan yang berbeda. Setiap tahanan ditandai dengan nilai ohms tertentu yang ekuivalen dengan sejumlah detonator listrik yang memiliki panjang legwire tembaga 30 ft (± 10 m). Pengujian efisiensi BM dilakukan sebagai berikut (lihat Gambar 3.13):

- 1) Ambil sejumlah detonator listrik dan hubungkan secara seri,

- 2) Salah satu kabel dari detonator dihubungkan dengan nilai ohm rheostat yang ekuivalen dengan jumlah detonator tersebut,
- 3) Hubungkan salah satu kawat detonator lainnya ke BM,
- 4) Hubungkan rheostat dengan BM,
- 5) Pengujian dimulai dengan mengontakkan BM, bila seluruh detonator meledak, maka output dari BM cocok digunakan untuk peledakan seri dari sejumlah detonator pada tahanan yang sama.



a. Rheostat buatan ICI Explosives

b. Fusion tester untuk menguji BM Beethoven

Gambar 3.13 Rheostat dan Fussion tester

e. Detektor kilat (lightning detector)

Peledakan listrik sangat rawan terhadap udara mendung atau pada daerah-daerah yang memiliki intensitas kilat dan petir cukup tinggi. Debu dan badai listrik yang tinggi melebihi listrik statis pada atmosfer ditambah dengan petir sangat berbahaya terhadap operasi peledakan. Untuk membantu pemantauan awal terhadap fenomena tersebut diperlukan detektor kilat. Gambar 1.8 memperlihatkan contoh alat detektor kilat yang mampu mengukur *gradient voltage* listrik pada atmosfer. Alat dan akan memberikan tanda dalam bentuk lampu berkedip atau bunyi sirine apabila gradien *voltage* listrik atmosfer menunjukkan angka kritis atau melebihinya.



*a. Thor Lightning Sentry,
ICI Explosive*



b. Model 350, Thomas Instruments, Inc

Gambar 3.14 Detektor kilat (lightning detector)

f. Kawat utama (lead wire)

Kawat utama termasuk pada peralatan peledakan, karena dapat dipakai berulang kali. Berbeda dengan lead-in line atau *extendaline* atau “sumbu nonel utama” pada peledakan nonel akan langsung rusak dan tidak boleh dipakai lagi karena HMX yang terdapat didalamnya sudah bereaksi habis, walaupun sumbunya tetap nampak utuh. Kawat utama berfungsi sebagai penghubung rangkaian peledakan listrik dengan alat pemicu ledak listrik atau *blasting machine*.

Ukuran untuk peledakan pada kondisi normal adalah kawat tembaga ganda berukuran 23/0,076 yang diisolasi dengan plastik PVC dengan tahanan 5,8 ohms per 100 m. Atau dapat pula digunakan kawat tembaga ganda berukuran 24/0,20 mm dengan tahanan 4,6 ohms per 100 m.

Untuk pekerjaan peledakan yang berat (*heavy duty*) dipakai kawat tembaga berukuran 70/0,76 mm dengan isolasi plastik PVC berwarna kuning (buatan ICI Explosives) mempunyai tahanan 1,8 ohms/100 m. Atau dapat dipakai kawat tembaga 50/0,25 mm dengan tahanan 1,4 ohms/100 m.

3.3 RINGKASAN

Target volume peledakan adalah perkalian Burden (B), Spasi (S) dan tinggi jenjang (panjang lubang) pengeboran (H). Target fragmentasi yaitu target ukuran bongkahan material yang akan dihasilkan dalam peledakan yang ditentukan oleh:

- Ukuran lubang ledak
- Jenis, sifat dan karakteristik material yang akan diledakkan

Target volume maupun fragmentasi hasil peledakan tidak mudah diprediksi secara akurat, maka setiap kali peledakan supaya selalu dievaluasi dan disempurnakan.

Acuan penentuan pola peledakan pada areal terbuka sebagai berikut:

- Peledakan tunda antar baris di desain secara tepat.
- Peledakan tunda antar beberapa lubang
- Peledakan tunda antar lubang

Pola peledakan pada areal terbuka sebagai berikut:

- Peledakan pojok dengan pola *staggered* dengan orientasi antar retakan 900 dengan perbandingan spasi (s) = 1,41 B.
- Bila orientasi antar retakan 600 dengan perbandingan spasi S=1,15B.
- Bila peledakan dirancang dilakukan serentak antar baris dapat dengan pola bujur sangkar.
- Pola peledakan bidang bebas memanjang pola *V-Cut* dengan bentuk persegi panjang.

Pola peledakan bawah tanah dapat didesain dengan:

- Pola peledakan dengan *burn cut*
- Pola peledakan dengan *wedge cut*
- Pola peledakan dengan *drag cut*

Lubang ledak tidak hanya vertikal tetapi dapat juga dibuat miring, sehingga memberikan hasil ledakan berbeda baik dilihat dari ukuran fragmentasi maupun arah lemparannya.

Peralatan pengeboran yang sering dipergunakan adalah: *log drill*, *jack hammer*, *crawler drill* dan *wagon drill*.

Alat pengisi bahan peledak pada lubang ledak, dikelompokkan menjadi:

- Kelompok diameter kecil = < 50 mm (2")
- Kelompok diameter sedang = 50 – 100 mm (2" – 4")
- Kelompok diameter besar = > 100 mm (> 4")

Pengamanan peledakan dikategorikan sebagai berikut:

- Pengamanan umum kepada masyarakat atau karyawan yang mendekati atau melewati area peledakan
- Pengamanan sebelum peledakan:
 - Tempat berlindung peledakan dibawah tanah
 - Tempat berlindung *team* peledak di areal terbuka
 - Tanda peringatan sebelum peledakan
 - pemeriksaan setelah peledakan
 - Pemeriksaan setelah peledakan

3.4 EVALUASI

3.4.1 Evaluasi Mandiri

Pilih jawaban **ya** atau **tidak** dengan mencontreng (√) pada kolom jawaban yang anda anggap tepat.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
1	Apakah anda dapat mengidentifikasi target produksi sesuai dengan rencana produksi?		

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
2	Apakah anda dapat mengidentifikasi kondisi batuan sesuai dengan rencana produksi?		
3	Apakah anda dapat mengidentifikasi laporan hasil evaluasi peledakan sebelumnya sesuai dengan rencana produksi?		
4	Apakah anda dapat menghitung target pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per tahun berdasarkan rencana pembongkarannya?		
5	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per periode berdasarkan kondisi dan target pembongkaran?		
6	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan komoditas setiap peledakan berdasarkan pada target produksi?		
7	Apakah anda dapat menentukan parameter geometri peledakan lapisan penutup dan komoditas sesuai dengan kondisi batuan?		
8	Apakah anda dapat menentukan pola peledakan sesuai dengan target peledakan?		
9	Apakah anda dapat menentukan jenis dan jumlah bahan peledak sesuai dengan kondisi batuan dan target pembongkaran?		
10	Apakah anda dapat mengidentifikasi pola dan parameter geometri pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		
11	Apakah anda dapat mengidentifikasi lokasi dan kondisi area pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		

3.4.2 Evaluasi Pilihan Berganda

Pilih jawaban dengan memberi tanda silang (×) pada huruf jawaban yang anda anggap paling tepat.

1. Adalah faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang diantaranya yang menjadi tolok ukurnya adalah keberhasilan target produksi aspek:
 - (a) K3.
 - (b) Teknis
 - (c) Lingkungan,

- (d) Semua jawaban benar.
 - (e) Pengetahuan, sikap dan disiplin.
2. Diantara ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak, adalah:
 - (a) Ukuran fragmentasi yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak.
 - (b) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi.
 - (c) menambah bahan peledak tidak akan menghasilkan lemparan yang jauh
 - (d) Tidak ada jawaban yang benar
 - (e) Intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit akan menghasilkan fragmentasi kecil.
 3. Volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran parameter diperbesar, parameter tersebut adalah:
 - (a) Dimensi spasi,
 - (b) Burden,
 - (c) Tinggi jenjang,
 - (d) Jumlah lubang ledak yang tersedia,
 - (e) Semua jawaban benar
 4. Perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H), adalah prinsip:
 - (a) Prinsip volume yang akan diledakkan,
 - (b) Prinsip volume yang telah terberai,
 - (c) Prinsip proses peledakan,
 - (d) Prinsip volume lepas (*loose*),
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.
 5. Peralatan pengamanan yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantara-nya adalah, kecuali:
 - (a) Detektor kilat (*lightning detector*),
 - (b) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT),
 - (c) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC,
 - (d) Bendera merah atau pita pembatas area,
 - (e) *Police line* atau garis polisi.

6. Alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan disebut:
 - (a) Tidak ada jawaban yang benar
 - (b) *Vibration monitor*
 - (c) *Noise level indicator*
 - (d) *Speed detonasi*,
 - (e) Semua jawaban benar.
7. Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah, kecuali:
 - (a) Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*).
 - (b) Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
 - (c) Mengurangi getaran
 - (d) Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan,
 - (e) Memperbesar fragmentasi batuan hasil peledakan.
8. Kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada areal terbuka, yaitu:
 - (a) Peledakan pojok dengan pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (b) Tidak ada jawaban yang benar.
 - (c) Peledakan tunda antar beberapa lubang
 - (d) Pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (e) Semua jawaban adalah benar.
9. Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan:
 - (a) Ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (b) Banyaknya jumlah lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (c) Bahan ramuan bahan peledak
 - (d) Susunan lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar
10. Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang memuaskan, adalah:
 - (a) Tidak terlalu banyak bongkahan (*boulder*) atau terlalu kecil
 - (b) Tidak terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (c) Terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (d) Semua jawaban benar
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.

3.5 DAFTAR PUSTAKA

- Anon, 1988, ANFO Type Blasting Agents, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division.
- Anon, 1988, Blasting Explosives and Accessories, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division, pp. 1 – 17.
- Gutafsson, R, 1973, Swedish Blasting Technique, Gothenburg. Sweden.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., and Carcedo, F.J.A 1995, Drilling and Blasting of Rocks, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, Netherlands.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/Mem/2018, Tanggal: 7 Mei 2018, Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Pelaksanaan Perancangan Dan Evaluasi Pengeboran Dan Peledakan Tambang Terbuka Mineral Dan Batubara.**
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit **Bidang Mengelola Gudang Bahan Peledak Pada Pertambangan Mineral Dan Batubara**
- Manon, J.J., 1978, Explosives: their classification and characteristics. E/MJ Operating Handbook of Underground Mining, New York, USA.
- Sugiri, 1976, Penambangan Batu dari Gunung, Proyek Diklat Bina Marga Ditjend Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

BAB 4

DAMPAK DAN PENGAMANAN LINGKUNGAN

4.1 CAPAIAN PEMBELAJARAN

4.1.1 Capaian Pembelajaran Umum

Setelah selesai mempelajari bab ini, pembaca mampu merencanakan target peledakan secara tepat dan akurat sesuai dengan program.

4.1.2 Capaian Pembelajaran Khusus

Setelah bab ini dipelajari peserta mampu:

1. Merencanakan target peledakan dan dampaknya serta kapasitas peledakan
2. Membuat desain Pola Peledakan dan Kapasitas Peledakan
3. Merencanakan Pola Peledakan
4. Melakukan pemilihan peralatan
5. Merencanakan pengamanan lingkungan peledakan

4.2 PENGAMANAN LINGKUNGAN PELEDAKAN

Pengamanan lebih ditujukan kepada orang atau karyawan yang mendekati atau melewati area peledakan. Maka dari itu beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengamanan area peledakan tersebut adalah:

- 1) Hari-hari peledakan setiap minggu serta jam-jam peledakan pada hari tersebut diatur dengan jadwal tetap dan semua karyawan atau orang-orang yang ada di sekitar penambangan harus mengetahuinya.
- 2) Setiap kali akan melaksanakan peledakan pada tambang terbuka atau *quarry*, persiapannya dapat dilakukan sesuai jam kerja pagi hari, tetapi detik-detik peledakannya diatur pada jam istirahat siang.
- 3) Tanda peringatan berupa bendera dengan warna menyolok (biasanya merah) dengan ukuran yang cukup dapat dilihat dari jauh dipasang di tempat-tempat yang strategis atau di jalan-jalan yang biasa dilalui oleh penduduk dan karyawan, sedemikian rupa sehingga orang lain tahu bahwa saat itu ada kegiatan persiapan peledakan.

- 4) Area yang akan diledakkan harus dibatasi oleh pita pengaman dan hanya *team* peledakan, inspektur tambang, polisi, kepala teknik dan satpam setempat (perusahaan) yang sedang bertugas yang diperkenankan ada di dalam area yang akan diledakkan, itupun kalau luas area memungkinkan.
- 5) Setelah bahan peledak dan perlengkapannya sampai di area peledakan, maka secepatnya didistribusikan ke dekat setiap lubang yang telah disiapkan sesuai dengan kebutuhan jumlah masing-masing lubang.
- 6) Pada saat membuat primer periksa terlebih dahulu kondisi detonator atau sumbu ledak yang akan dipakai, yaitu:
 - Untuk detonator biasa, periksa apakah ada benda-benda kecil di dalamnya. Demikian juga dengan sumbu apinya, apakah lembap atau tidak. Sebaiknya ujung sumbu dipotong terlebih dahulu sekitar 2 cm sebelum dimasukkan ke dalam detonator biasa.
 - Untuk sumbu ledak atau *detonating cord* diperiksa juga keadaan ujung-ujungnya dari kelembaban atau isinya sedikit berkurang. Sebaiknya ujung sumbu ledak sepanjang 5 cm ditutup lubangnya dengan selotip agar tidak lembap atau kemasukan air.
 - Untuk detonator listrik, sebaiknya diuji dahulu oleh *blasting ohmmeter*. Pada waktu pengujian detonator dimasukkan ke dalam lubang ledak yang masih kosong. Setelah diuji kedua ujung legwire harus diikat atau digabung kembali satu dengan lainnya.
 - Untuk detonator nonel, periksa bagian *ultrasonic seal* pada ujung sumbu nonel, yaitu ujung yang *di-press*, untuk menjamin kelayakan pakai sumbu nonel tersebut. Sebaiknya sumbu nonel tidak dipotong untuk menghindari kelembaban dan masuknya air ke dalam sumbu.

4.2.1 Persiapan Sebelum Peledakan

Saat-saat menjelang peledakan, di mana peringatan sudah dilaksanakan dan seluruh rangkaian sudah selesai pula diperiksa serta diputuskan siap ledak, adalah waktu yang penting bagi seluruh *team*

peledakan. Keselamatan dan keamanan di area peledakan benar-benar terletak pada kekompakan *team* peledakan tersebut.

a. Tempat berlindung team peledakan di bawah tanah

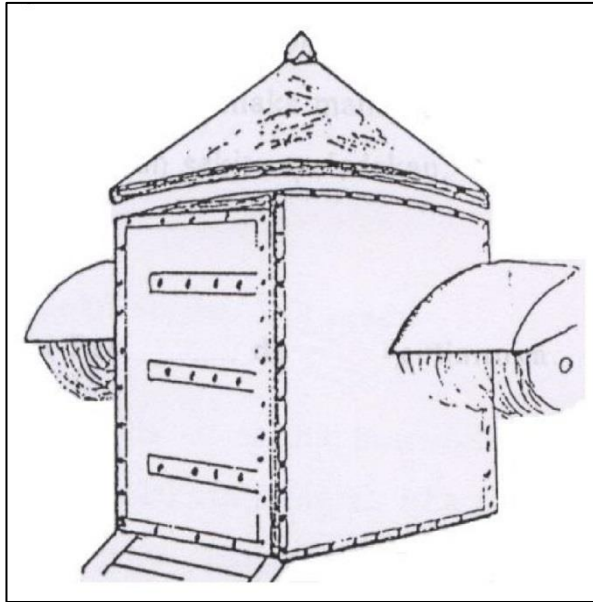
Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Harus memperhitungkan arah angin ventilasi, ambil posisi di atas angin.
- Bila peledakan memakai sumbu api harus diperhitungkan lebih dahulu ke arah mana dan di mana tempat berlindung yang aman karena akan diperlukan waktu untuk berlari setelah penyulutan selesai.
- Periksa keadaan sekeliling tempat berlindung terhadap kemungkinan jatuhnya benda atau batuan, khususnya dari atap.
- Pemegang *blasting machine* atau yang menyulut sumbu api harus orang yang berpengalaman dan memiliki Kartu Izin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.

b. Tempat berlindung team peledakan di areal terbuka

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Harus dipertimbangkan arah dan jarak lemparan batu, ambil posisi yang berlawanan.
- Periksa keadaan sekeliling tempat berlindung, khususnya bila ada bongkahan batu lepas di sekitarnya yang cukup besar untuk berlindung
- Bila keadaan area peledakan tidak ada tempat untuk berlindung dengan cukup aman, maka harus disiapkan *shelter*, yaitu tempat perlindungan khusus terbuat dari besi dengan ukuran minimal panjang dan lebar 1,50 m dan tinggi secukupnya untuk berlindung *team* peledakan (*shelter*) (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Salah satu bentuk shelter

- Pemegang *blasting machine* harus orang yang berpengalaman dan memiliki Kartu Izin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.

c. Tanda peringatan sebelum peledakan (aba-aba)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

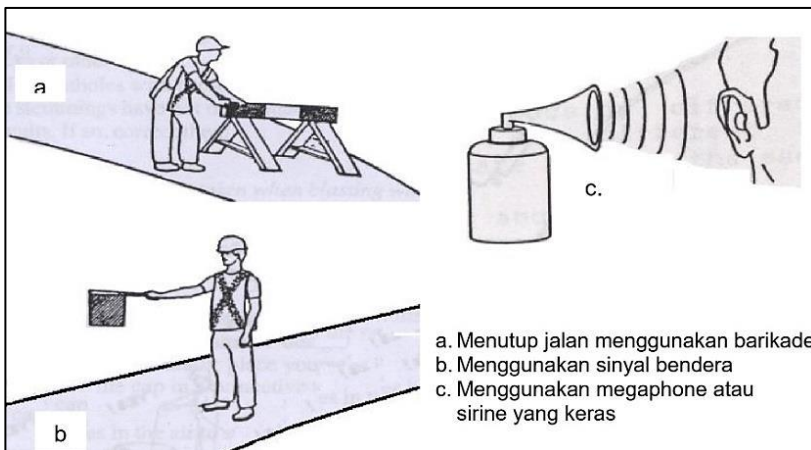
- Sebelum dilakukan peledakan orang-orang di sekitar daerah pengaruh gas dan lemparan batu harus diberi aba-aba peringatan agar berlindung atau menyingkir. Demikian juga halnya dengan peralatan, sebelumnya harus sudah diamankan.
- Aba-aba dapat berupa peringatan lewat megaphone, pluit atau sirine. Sementara itu pada batas jalan masuk ke area peledakan harus diblokir atau ditutup oleh barikade atau oleh petugas yang memegang bendera (biasanya berwarna merah) seperti terlihat pada sketsa di Gambar.
- Jeda waktu antara aba-aba peringatan dengan saat peledakan harus cukup untuk memberi kesempatan kepada orang-orang untuk

berlindung. Sebaiknya aba-aba dilakukan dalam beberapa tahapan dan tiap tahap mempunyai arti tersendiri serta dimengerti oleh *team* peledakan dan seluruh karyawan.

- Mandor, Foreman atau Pengawas Peledakan harus memeriksa area sekitar peledakan sebelum aba-aba terakhir untuk meyakinkan bahwa lokasi tersebut aman dari orang-orang yang ada di sekitarnya.
- Contoh tahapan aba-aba peringatan dan pengertiannya sebagai berikut:

Aba-aba pertama:

- ✓ Semua orang yang berada di area peledakan harus menyingkir dan berlindung
- ✓ Minta izin ke sentral informasi bahwa jalur komunikasi untuk sementara diambil alih oleh *team* peledakan, jadi seluruh bagian tidak diperkenankan menggunakan jalur tersebut, kecuali bila mengetahui di area peledakan terdapat sesuatu yang membahayakan.
- ✓ Semua jalan masuk ke area peledakan ditutup atau diblokir
- ✓ Pada saat itu kedua ujung kawat utama (*lead wire*) masih terkait satu sama lainnya (Gambar 4.41) dan belum disambung ke pemicu ledak (B M)

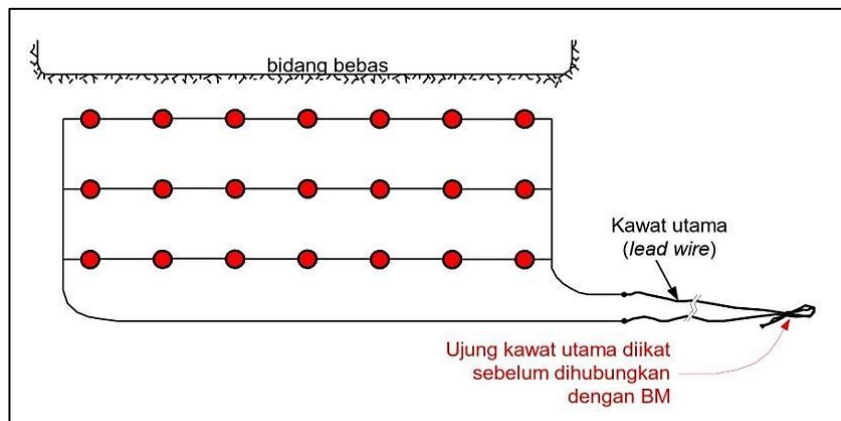


Gambar 4.2 Pengamanan lokasi peledakan

Aba-aba kedua:

- ✓ Pekerjaan pada aba-aba pertama sudah dilaksanakan dan Mandor atau Foreman atau Pengawas Peledakan sedang melakukan pemeriksaan akhir
- ✓ Kondensator dalam pemicu ledak sedang diisi arus listrik
- ✓ Kawat utama sudah disambung dengan pemicu ledak (*exploder*)

Sampai tahap kedua ini masih memungkinkan terjadi penundaan peledakan, apabila Pengawas Peledakan melihat sesuatu yang dinilainya dalam kondisi tidak aman melalui komunikasi dan aba-aba khusus.



Gambar 4.3 Kedua ujung kawat utama masih dihubungkan

Aba-aba ketiga (peledakan):

- ✓ Peledakan dilakukan, biasanya dengan hitungan mundur bisa dari 5 atau 3, misalnya 5...4...3...2...1... '**tembak !!**'. Hitungan tersebut ada baiknya disalurkan juga melalui jalur komunikasi agar seluruh karyawan mengetahui detik-detik peledakan.
- ✓ Tombol atau tangkai pemicu ditekan sesuai prosedur pemakaian alat dan peledakan terjadi.

Sampai tahap ini jalur komunikasi masih dikuasai *team* peledakan sebelum dilakukan pemeriksaan hasil peledakan dan dinyatakan bahwa peledakan aman dan terkendali.

4.2.2 Pemeriksaan Setelah Peledakan

Setelah peledakan selesai area tempat peledakan dan sekitarnya masih menjadi tanggung jawab *team* peledakan sebelum dilakukan pemeriksaan.

Beberapa pekerjaan yang perlu dilakukan setelah peledakan adalah:

- 1) Sekitar 15 menit setelah ledakan, pemeriksaan dilakukan terhadap gas-gas beracun dan kemungkinan adanya lubang yang gagal ledak (*misfire*).
- 2) Apabila terdapat lubang yang gagal ledak, terlebih dahulu harus dilaporkan ke Pengawas Peledakan, kemudian segera ditangani. Lubang yang gagal ledak harus ditandai dengan bendera merah.
- 3) Apabila kondisi lubang yang gagal ledak dinilai oleh Pengawas Peledakan membutuhkan waktu beberapa jam untuk menanganinya, maka kembalikan ke jalur komunikasi kepada sentral informasi.
- 4) Apabila seluruh lubang meledak dengan baik dan konsentrasi gas sudah cukup aman, segera laporkan ke Pengawas Peledakan untuk diinformasikan ke seluruh karyawan dan masyarakat di sekitarnya.

Pengawas Peledakan akan mengumumkan bahwa:

‘peledakan 100 lubang (misalnya) telah meledak seluruhnya dan kondisi dinyatakan aman dan terkendali, kepada seluruh karyawan dan masyarakat dipersilahkan kembali pada aktivitasnya masing-masing. Dengan ini jalur komunikasi dikembalikan ke sentral informasi, terima kasih’.

4.3 RINGKASAN

Lubang ledak tidak hanya vertikal tetapi dapat juga dibuat miring, sehingga memberikan hasil ledakan berbeda baik dilihat dari ukuran fragmentasi maupun arah lemparannya.

Peralatan pengeboran yang sering dipergunakan adalah: *log drill*, *jack hammer*, *crawler drill* dan *wagon drill*.

Alat pengisi bahan peledak pada lubang ledak, dikelompokkan menjadi:

- Kelompok diameter kecil = < 50 mm (2")
- Kelompok diameter sedang = 50 – 100 mm (2" – 4")
- Kelompok diameter besar = > 100 mm (> 4")

Pengamanan peledakan dikategorikan sebagai berikut:

- Pengamanan umum kepada masyarakat atau karyawan yang mendekati atau melewati area peledakan
- Pengamanan sebelum peledakan:
 - Tempat berlindung peledakan dibawah tanah
 - Tempat berlindung *team* peledak di areal terbuka
 - Tanda peringatan sebelum peledakan
 - pemeriksaan setelah peledakan
 - Pemeriksaan setelah peledakan

4.4 EVALUASI

4.4.1 Evaluasi Mandiri

Pilih jawaban **ya** atau **tidak** dengan mencontreng (√) pada kolom jawaban yang anda anggap tepat.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
1	Apakah anda dapat mengidentifikasi target produksi sesuai dengan rencana produksi?		
2	Apakah anda dapat mengidentifikasi kondisi batuan sesuai dengan rencana produksi?		
3	Apakah anda dapat mengidentifikasi laporan hasil evaluasi peledakan sebelumnya sesuai dengan rencana produksi?		
4	Apakah anda dapat menghitung target pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per tahun berdasarkan rencana pembongkarannya?		
5	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan/atau komoditas per periode berdasarkan kondisi dan target pembongkaran?		
6	Apakah anda dapat menghitung jumlah pembongkaran lapisan penutup dan komoditas setiap peledakan berdasarkan pada target produksi?		
7	Apakah anda dapat menentukan parameter geometri peledakan lapisan penutup dan komoditas sesuai dengan kondisi batuan?		
8	Apakah anda dapat menentukan pola peledakan sesuai dengan target peledakan?		
9	Apakah anda dapat menentukan jenis dan jumlah bahan peledak sesuai dengan kondisi batuan dan target		

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tdk
	pembongkaran?		
10	Apakah anda dapat mengidentifikasi pola dan parameter geometri pengeboran sesuai dengan rencana peledakan?		

4.4.2 Evaluasi Pilihan Ganda

Pilih jawaban dengan memberi tanda silang (×) pada huruf jawaban yang anda anggap paling tepat.

1. Adalah faktor yang harus dipertimbangkan dalam peledakan jenjang diantaranya yang menjadi tolok ukurnya adalah keberhasilan target produksi aspek:
 - (a) K3.
 - (b) Teknis
 - (c) Lingkungan,
 - (d) Semua jawaban benar.
 - (e) Pengetahuan, sikap dan disiplin.
2. Diantara ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak, adalah:
 - (a) Ukuran fragmentasi yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak.
 - (b) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi.
 - (c) menambah bahan peledak tidak akan menghasilkan lemparan yang jauh
 - (d) Tidak ada jawaban yang benar
 - (e) Intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit akan menghasilkan fragmentasi kecil.
3. Volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran parameter diperbesar, parameter tersebut adalah:
 - (a) Dimensi spasi,
 - (b) Burden,
 - (c) Tinggi jenjang,
 - (d) Jumlah lubang ledak yang tersedia,
 - (e) Semua jawaban benar

4. Perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H), adalah prinsip:
 - (a) Prinsip volume yang akan diledakkan,
 - (b) Prinsip volume yang telah terberai,
 - (c) Prinsip proses peledakan,
 - (d) Prinsip volume lepas (*loose*),
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.
5. Peralatan pengamanan yang biasa digunakan dalam operasi peledakan diantaranya adalah, kecuali:
 - (a) Detektor kilat (*lightning detector*),
 - (b) Radio komunikasi portable atau handy-talky (HT),
 - (c) Sirine dengan tenaga listrik AC atau DC,
 - (d) Bendera merah atau pita pembatas area,
 - (e) *Police line* atau garis polisi.
6. Alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu peledakan disebut:
 - (a) Tidak ada jawaban yang benar
 - (b) *Vibration monitor*
 - (c) *Noise level indicator*
 - (d) *Speed detonasi*,
 - (e) Semua jawaban benar.
7. Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah, kecuali:
 - (a) Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*).
 - (b) Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
 - (c) Mengurangi getaran
 - (d) Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan,
 - (e) Memperbesar fragmentasi batuan hasil peledakan.
8. Kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada areal terbuka, yaitu:
 - (a) Peledakan pojok dengan pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (b) Tidak ada jawaban yang benar.
 - (c) Peledakan tunda antar beberapa lubang

- (d) Pola *staggered* dan sistem inisiasi *echelon* serta orientasi antar retakan,
 - (e) Semua jawaban adalah benar.
9. Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan:
- (a) Ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (b) Banyaknya jumlah lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (c) Bahan ramuan bahan peledak
 - (d) Susunan lubang ledak terhadap fragmentasi
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar
10. Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang memuaskan, adalah:
- (a) Tidak terlalu banyak bongkahan (*boulder*) atau terlalu kecil
 - (b) Tidak terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (c) Terlalu kecil terlalu banyak bongkahan (*boulder*)
 - (d) Semua jawaban benar
 - (e) Tidak ada jawaban yang benar.

4.5 DAFTAR PUSTAKA

- Anon, 1988, ANFO Type Blasting Agents, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division.
- Anon, 1988, Blasting Explosives and Accessories, ICI Australia Operation, Pty. Ltd. Explosive Division, pp. 1 – 17.
- Gutafsson, R, 1973, Swedish Blasting Technique, Gothenburg. Sweden.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., and Carcedo, F.J.A 1995, Drilling and Blasting of Rocks, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, Netherlands.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/Mem/2018, Tanggal: 7 Mei 2018, Pedoman Permohonan, Evaluasi, Dan/Atau Pengesahan Kepala Teknik Tambang, Penanggung Jawab Teknik Dan Lingkungan, Kepala Tambang Bawah Tanah, Pengawas Operasional, Pengawas Teknis, Dan/Atau Penanggung Jawab Operasional.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit Bidang Pelaksanaan Perancangan Dan Evaluasi Pengeboran Dan Peledakan Tambang Terbuka Mineral Dan Batubara.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 Tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pertambangan Dan Penggalian Golongan Pokok Pertambangan Batubara Dan Lignit Bidang Mengelola Gudang Bahan Peledak Pada Pertambangan Mineral Dan Batubara
- Manon, J.J., 1978, Explosives: their classification and characteristics. E/MJ Operating Handbook of Underground Mining, New York, USA.
- Sugiri, 1976, Penambangan Batu dari Gunung, Proyek Diklat Bina Marga Ditjend Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

GLOSARIUM

- ANFO** : Singkatan Amonium Nitrate and Fuel Oil/ NH_4NO_3 , sejenis bahan peledak kuat yang digolongkan dalam zat peledak (*Blasting Agent*).
- Bahan peledak** : Semua zat yang berbentuk padat, cair, gas atau campurannya yang apabila tertekan suatu aksi berupa panas, benturan atau gesekan akan berubah secara kimiawi zat-zat lain yang lebih stabil, yang sebagian besar atau seluruhnya berbentuk gas dan perubahan tersebut berlangsung dalam waktu yang singkat disertai efek panas dan tekanan yang sangat tinggi.
- Bahan peledak peka detonator** : Bahan peledak yang dapat meledak dengan menggunakan *booster* bersama detonator nomor 8.
- Bahan ramuan bahan peledak** : Bahan baku yang apabila dicampur dengan bahan tertentu (solar) akan menjadi bahan peledak peka primer.
- Bench height* (ketinggian teras)** : Ketinggian teras yang ditentukan di lapangan, jangkauan oleh peralatan bor dan alat gali unit yang tersedia.
- Bit (pahat)** : Ujung rangkaian bor yang memotong batuan untuk membuat lubang.
- Blok caving* (ambrukan)** : Metode penambangan bawah tanah dengan cara membuat lubang bukaan di bawah blok dan melanjutkan dengan meruntuh blok atasnya.
- Bore hole* (lubang bor)** : Lubang-lubang yang dibuat dengan melakukan pengeboran.

- Burden** : Jarak lubang ledak ke bidang bebas yang terdekat ditentukan tergantung pada densitas batuan, densitas bahan peledak, diameter bahan atau diameter lubang ledak dan fragmentasi yang dibutuhkan.
- Cekungan batubara** : Penekanan atau penurunan yang dialami oleh formasi batuan yang lebih tua yang telah mengandung endapan batubara. Dapat pula diartikan sebagai lapangan endapan batubara berbentuk cekungan. Cekungan batubara besar dapat mengandung satu atau lebih lapangan-lapangan batubara dan penyebarannya bisa mencapai ribuan kilometer persegi.
- Detonator** : Suatu benda atau (selongsong) yang mengandung isian bahan peledak (PETN) sebagai penyala awal ledakan (penggalak).
- Detonator** : Alat pengejut yang dimasukkan ke dalam bahan peledak utama. Detonator sebenarnya juga merupakan bahan peledak karena ia berisi sedikit bahan peledak yang menghasilkan getaran pengejut yang diperlukan untuk meledakkan bahan peledak utama. Detonator secara umum dibagi dua, detonator yang bekerja dengan aliran listrik dan yang disulut dengan sumbu api. Detonator modern sering dikenal dengan detonator yang dapat diperlambat (*delay detonator*) (lihat *delay*).
- Eksplorasi** : Proses untuk menghasilkan minyak bumi, gas, batubara, bahan galian lain dan batuan dari kulit bumi yang telah diselidiki dan telah dipersiapkan. Eksplorasi hanya dapat dilaksanakan atas dasar izin K.P. Eksplorasi.
- Eksplorasi** : Penyelidikan lebih rinci dari penemuan dan

penyelidikan umum atas endapan suatu bahan galian. Eksplorasi meliputi kegiatan mengetahui ukuran, bentuk, letak, jumlah cadangan dan mutu endapan bahan galian. Kegiatan eksplorasi meliputi penilaian geofisika, pemboran inti penggalian sumuran dan atau pembuatan parit-parit uji dan dapat pula meliputi pengambilan contoh dalam jumlah besar. Eksplorasi umumnya dilaksanakan bertahap menurut pertimbangan hasil sebelumnya. Eksplorasi hanya dapat dilaksanakan atas dasar izin K.P. eksplorasi.

- Explosive** : Bahan peledak yakni senyawa-senyawa kimia, campuran atau peralatan yang kegunaan utamanya adalah untuk menimbulkan peledakan yakni reaksi kimia yang menyebabkan pelepasan gas dalam jumlah besar dan mendadak disertai panas atau api. Lihat bahan peledak peka detonator, bahan peledak peka primer dan sebagainya.
- Gudang bahan peledak (HANDAK)** : Sebuah bangunan atau kontainer yang secara teknis mampu menyimpan bahan peledak secara aman.
- Gudang bahan peledak sementara** : Gudang yang digunakan untuk kegiatan pertambangan tahap eksplorasi atau untuk penimbunan sementara menunggu gudang utama selesai dibangun.
- Gudang bahan peledak transit** : Gudang yang digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara bahan peledak sebelum diangkat ke gudang utama.
- Gudang bahan peledak utama** : Gudang yang dipergunakan sebagai tempat penyimpanan atau penimbunan bahan peledak yang letaknya di lokasi tambang.
- Half second delay** : Bahan pelambat (*delay element*) peledakan dalam

- detonator yang waktu peledakannya dinyatakan dalam ukuran atau angka setengah detik.
- Hole diameter (diameter lubang ledak)** : Diameter lubang ledak untuk mencapai tingkat pengeboran energi yang baik.
- Juru ledak** : Seseorang yang diangkat oleh perusahaan pertambangan atau KTT (kepala Teknik Tambang) untuk melaksanakan pekerjaan peledakan dan orang tersebut harus memiliki KIM.
- KIM** : Kartu izin meledakkan yakni kartu yang menerangkan bahwa pemegangnya telah memenuhi persyaratan sebagai juru ledak yang dikeluarkan oleh Direktur Direktorat Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Nonel** : Singkatan dari non elektrik yaitu bahan peledak yang bahan dasarnya biasanya adalah nitrogliserin atau ammonium nitrat yang diledakkan dengan detonator tanpa arus listrik. Dapat juga berarti detonator yang disulut dengan kabel yang diisi dengan bahan peledak (bukan dengan kabel arus listrik), juga dapat berarti kabel peledak yang menyulut detonator tanpa arus listrik.
- Non-permissible** : Bahan peledak dengan api peledakan tinggi, dengan bahan utama nitrogliserin dan tidak diperbolehkan dipakai untuk peledakan ditambang dalam batubara.
- Overburden fill** : Kupasan tanah penutup lapisan batubara yang digunakan untuk pengurugan (reklamasi) lahan yang digali untuk penambangan batubara.

- Overburden isopach** : Garis sama tebal, yakni garis (kontur) yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketebalan tanah penutup (*overburden*) yang sama. Garis ini dibuat dan diperlukan untuk perencanaan tambang batubara.
- Overburden ratio** : Nisbah tanah penutup, yakni perbandingan antara tanah penutup dengan batubara. Istilah ini ditekankan pada saat eksplorasi atau sebelum penambangan yang berbeda dengan nisbah kupasan. Satuan perbandingan sama, yakni BCM tanah (batuan) / ton batubara.
- Panas kotor pembakaran** : Sama dengan nilai kalori kotor (*gross calorific value*) (lihat nilai kalori kotor).
- Particle-size analysis** : Proses untuk memperkecil ukuran butiran batubara atau bahan padat lainnya dengan cara penyaringan atau pemilahan butiran halus dengan menggunakan alat khusus seperti centrifuge, turbidimeter dan sebagainya.
- Particle-size reduction** : Prises untuk memperkecil ukuran batubara atau bahan padat lainnya dengan penggerusan.
- Pasca tambang** : Keadaan setelah suatu penambangan dihentikan utamanya karena batubara atau bahan galian lainnya yang layak tambang sudah habis atau secara teknologi dan ekonomi tidak layak ditambang.
- Pebble coal** : Batubara kerakal, yaitu batubara dengan bentuk butiran bundar akibat proses pelekatan bahan-bahan batubara.
- Pelaksana Inspeksi Tambang** : Petugas ahli keselamatan dan kesehatan kerja tambang yang diangkat oleh Menteri atau Direktur Jenderal atas nama Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral untuk melaksanakan inspeksi tambang dan melakukan tindakan-

- tindakan yang perlu sesuai peraturan.
- Peldon** : Sejenis batu pasir keras dengan bentuk pecahan seperti kerang yang terdapat pada pengendapan batubara.
- Peledakan batubara** : Peledakan lapisan batubara yang terlalu keras untuk dibajak dengan ripper. Peledakan umumnya dilakukan setelah batubara dikupas tetapi dapat juga dilakukan sekaligus dengan peledakan batuan penutup dengan teknik peledakan khusus ditambang batubara terbuka. Ditambang dalam peledakan lapisan batubara dilakukan di perka tambang yang berbentuk dinding pejal batubara.
- Pemandu juru ledak** : Tenaga yang dipekerjakan untuk menyiapkan segala urusan yang diperlukan oleh juru ledak tambang, memposisikan dalam menyiapkan lubang bor ledak, menghitung bahan campuran/ramuan bahan peledak dan menyiapkan dalam penyimpanan bahan ledak agar aman dari penyalahgunaan bahan peledak.
- Pemboran formasi** : Pemboran dengan tujuan penentuan struktur petroogi dan pencirian geologi untuk batuan penutup dan lapisan-lapisan batuan dibawah lapisan batubara atau bahan galian lainnya.
- Pemboran prospeksi** : Pemboran eksplorasi untuk menyelidiki batuan atau bahan galian lainnya.
- Pemrosesan insitu** : Proses untuk menghasilkan bahan bakar ditempat bahan galian itu terdapat tanpa penambangan. Proses itu biasanya dilakukan untuk batubara atau serpih minyak.
- Pit boundary** : Batas (sekeliling) bukaan tambang biasanya dari garis singkapan batubara atau garis awal bukaan sampai penggalian terakhir tidak termasuk tempat

buangan kupasan tanah.

Reducing agent : Bahan pereduksi (lawan dari bahan pengoksidasi). Kokas berfungsi sebagai pereduksi bijih besi dalam dapur tinggi yang memisahkan logam besi dari oksigen.

Spacing : Jarak diantara lubang tembak dalam baris (*raw*) yang sama, tegak lurus terhadap burden, baik untuk nomor *delay* yang sama maupun beda waktu *delay*-nya.

INDEKS

A

ANFO · 11, 32, 44, 48, 49, 50, 51,
52, 54, 72, 84, 85

Q

Quarry · 3, 13, 29, 33, 46, 47, 56,
73

B

Beracun · 79

D

Dampak · 1, 3, 4, 33, 57, 73

E

Efisiensi · 64

K

Keamanan · 4, 55, 57, 75

Konsekuensi · 26

P

Pengendalian · viii

Pengujian · 64, 65, 74

Proses · 2, 3, 9, 21, 28, 29, 33, 36,
42, 53, 70, 82, 86, 89, 90

TEKNIK PELEDAKAN

**Rachmat Hidayatullah
Salmani**

Materi pada buku ini disusun berpedoman pada: Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 318 tahun 2017 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (KKNI), kategori pertambangan dan penggalian golongan pokok pertambangan batu bara dan lignit bidang pelaksanaan perancangan dan evaluasi pengeboran dan peledakan tambang terbuka mineral dan batubara; Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 320 Tahun 2017 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (KKNI), kategori pertambangan dan penggalian golongan pokok pertambangan batubara dan lignit bidang mengelola gudang bahan peledak pada pertambangan mineral dan batu bara; serta Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 1827 K/30/MEM/2018 tanggal: 7 Mei 2018, pedoman permohonan, evaluasi, dan/atau pengesahan kepala teknik tambang, penanggung jawab teknik dan lingkungan, kepala tambang bawah tanah, pengawas operasional, pengawas teknis, dan/atau penanggung jawab operasional. Untuk perizinan berdasarkan dari Peraturan Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2017 tentang Perizinan, Pengamanan, Pengawasan dan Pengendalian Bahan Peledak Komersial.



Penerbit Poliban Press

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)3305052

Email : press@poliban.ac.id

ISBN 978-602-53809-6-9

