

PENDAHULUAN

Materi yang diberikan pada modul ke empat berisikan segala pekerjaan untuk mempersiapkan peledakan pada tambang terbuka maupun bawah tanah, mulai dari persiapan lubang ledak sampai beberapa saat menjelang peledakan. Persiapan pada tambang terbuka dan bawah tanah secara umum adalah sama, apabila terdapat pekerjaan persiapan yang khusus untuk salah satu dari keduanya akan diuraikan secara terpisah. Misalnya pada terbuka terdapat persiapan yang disebut *profiling*, yaitu pekerjaan untuk mengukur kemiringan relatif bidang bebas atau *free face* yang pada tambang bawah tanah tidak ada. Sedangkan pada tambang bawah tanah pekerjaan yang khusus contohnya adalah *scaling* dan cara pengisian bahan peledak pada lubang vertikal ke atas.

Untuk menuangkan pengetahuan dan pemahaman praktis tentang persiapan peledakan telah dirancang tiga pembelajaran dalam modul ini, yaitu :

- 1) Pembelajaran 1: Persiapan sebelum pengeboran
- 2) Pembelajaran 2: Persiapan teknis
- 3) Pembelajaran 3: Persiapan Pengamanan Peledakan

Setiap pembelajaran saling berkaitan antara satu dengan lainnya yang disusun untuk memperkaya pemahaman tentang peralatan peledakan. Pada akhir setiap pembelajaran terdapat soal-soal untuk latihan dan cara penilaiannya.

Tujuan umum

Dengan mempelajari modul ini diharapkan peserta dapat melaksanakan persiapan, melaksanakan, dan memeriksa hasil peledakan dengan benar, waspada, dan sesuai dengan prosedur serta peraturan yang berlaku.

Standar kompetensi dan kriteria unjuk kerja

Standar kompetensi/elemen kompetensi dan kriteria unjuk kerja seperti pada tabel di bawah ini.

Elemen kompetensi	Kriteria unjuk kerja
1 Menyiapkan kondisi lokasi peledakan tambang terbuka	1.1 Luas lokasi peledakan disiapkan.
	1.2. Kompas atau alat ukur sejenis lainnya untuk pekerjaan <i>profiling</i> disiapkan.
	1.3. Meteran, dan beberapa patok berukuran panjang ± 30 cm disiapkan.
	1.4. Bentuk, ketinggian dan kemiringan relatif dinding jenjang pada area peledakan digambar dan dilaporkan.
2 Menyiapkan kondisi lokasi peledakan tambang bawah tanah	2.1. Linggis dengan panjang tertentu (<i>scaling bar</i>) disiapkan.
	2.2 Batu-batu yang menggantung di bagian atap dan dinding terowongan dibersihkan.
3 Memeriksa dan mengondisikan setiap kolom lubang ledak	3.1. Air yang ada di dalam kolom lubang ledak dikeluarkan.
	3.2. Ketinggian batuan yang mengandung banyak retakan atau <i>backbreak</i> pada bagian atas lubang ledak (<i>collar</i>) diukur atau diestimasi
	3.3. Kedalaman kolom lubang ledak diperiksa.
	3.4. Rongga di dalam kolom lubang ledak diperiksa.
4 Melakukan pengisian kolom lubang ledak	4.1. Primer dan <i>booster</i> dimasukkan ke dalam setiap kolom lubang ledak.
	4.2. Bahan peledak ANFO (<i>prill</i>) atau bahan peledak emulsi dan <i>watergels</i> yang menggunakan Kendaraan Pembuat Bahan Peledak atau <i>Mobile Manufacturing Unit</i> (MMU) dengan jumlah sesuai perhitungan dituang ke setiap lubang ledak.
	4.3. Bahan peledak ANFO (<i>prill</i>) di dalam lubang ledak berair diselubungi dengan kantong plastik atau sejenisnya.
	4.4. Bahan peledak ANFO (butiran atau <i>prill</i>) dipadatkan seperlunya menggunakan tongkat kayu atau bambu.
	4.5. <i>Stemming</i> dengan kedalaman yang sudah diperhitungkan dimasukkan dan dipadatkan.
	4.6. Lama waktu tidur (<i>sleeping blasting</i>) yang aman bagi bahan peledak emulsi atau <i>watergels</i> dilaporkan.

Elemen kompetensi	Kriteria unjuk kerja
5 Merangkai setiap lubang ledak	5.1 Menggunakan detonator listrik: <ol style="list-style-type: none"> Tahanan setiap detonator listrik diukur. Tipe rangkaian listrik (seri, paralel, seri-paralel dan paralel-seri) ditetapkan. Sambungan kabel dalam lubang ledak diisolasi. Tahanan rangkaian diukur. Dengan menggunakan <i>lead wire</i>, rangkaian peledakan dihubungkan ke <i>blasting machine</i>
	5.2. Menggunakan detonator biasa: <ol style="list-style-type: none"> Sumbu api (<i>safety fuse</i>) dilebihkan sepanjang minimum 60 cm dari kedalaman lubang efektif dan dikeluarkan dari lubang ledak. Penyambung sumbu api (<i>connectors</i>) dan penyulut sejumlah sumbu (<i>multiple fuse ignitors</i>) dipasang. Setiap sumbu api atau beberapa sumbu api dari kolom lubang ledak digabung atau dibundel. Penyala sumbu api (<i>ignitor</i>) disiapkan.
	5.3. Menggunakan detonator nonel: <ol style="list-style-type: none"> Sumbu nonel dari setiap kolom lubang ledak dihubungkan. Sumbu nonel dari rangkaian dihubungkan ke <i>shotgun</i> melalui sumbu nonel utama (<i>lead in line</i>). Bila menggunakan pemicu <i>blasting machine</i>, maka detonator listrik dan sumbu nonel utama diikat.
	5.4. Menggunakan sumbu ledak (<i>detonating cord</i>): <ol style="list-style-type: none"> Sumbu ledak dari setiap kolom lubang ledak dihubungkan atau diikat. Penghubung tunda ledak (<i>Delay Relay Connectors</i>) atau <i>MS-connectors</i> dengan sumbu ledak dihubungkan atau diikat sesuai rancangan peledakan. Rangkaian sumbu ledak dengan pemicu ledak dihubungkan

Sasaran

Sasaran kompetensi adalah juru ledak penambangan bahan galian, yaitu orang yang pekerjaan rutinnnya melakukan peledakan untuk penambangan bahan galian.

Prasyarat peserta

1. Sudah terbiasa dan lancar membaca, menulis, dan berhitung.
2. Sudah menyelesaikan seluruh pembelajaran pada modul 1, 2, dan 3 dengan hasil **lulus**.

Petunjuk penggunaan modul

Setiap modul berisikan beberapa pembelajaran sesuai dengan tuntutan elemen kompetensi dan kriteria unjuk kerja. Untuk memahami modul secara utuh sudah barang tentu peserta harus mempelajari setiap tahapan pembelajaran sampai selesai. Pada akhir setiap pembelajaran terdapat lembar kerja dan sekaligus jawabannya. Setiap pembelajaran pada modul ini dirancang dan disusun menjadi satu kesatuan yang saling berkaitan satu dengan lainnya, sehingga didalam mempelajarinya harus secara berurutan (*sequential*). Agar mendapatkan hasil belajar maksimal, ikutilah petunjuk penggunaan modul berikut ini:

1. Fahami tujuan umum yang tercantum pada setiap modul
2. Yakinkanlah bahwa Anda telah memenuhi prasyarat yang diminta modul
3. Fahami tujuan khusus yang ada pada setiap pembelajaran di dalam modul
4. Ikuti petunjuk-petunjuk yang diberikan pada modul sampai akhir
5. Cobalah sendiri mengerjakan soal latihan yang tertera pada akhir setiap pembelajaran dan nilai sendiri dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang betul}}{\text{Jumlah seluruh soal}} \times 100$$

6. Untuk meningkatkan kedalaman penguasaan Anda terhadap isi modul, disarankan untuk membaca referensi yang tertera pada setiap modul.

Pedoman penilaian

Penilaian untuk modul ini dilaksanakan dengan ujian teori dan praktik yang mempunyai bobot penilaian yang sama, yaitu masing-masing 50%. Soal teori bisa berbentuk pilihan ganda, sebab akibat, pernyataan, dan pilihan dengan jawaban YA atau TIDAK atau kombinasi dari tipe soal tersebut. Sedangkan soal praktik bisa berbentuk essay, demonstrasi, kasus, atau proyek. Untuk memperoleh hasil yang

memuaskan, khususnya soal praktik, hendaknya Saudara melatih diri dengan mengerjakan soal-soal latihan yang terdapat pada setiap pembelajaran.

Klasifikasi tingkat penguasaan pada modul ini sebagai berikut:

85% – 100% = baik sekali

75% – 84% = baik

60% – 74% = cukup

≤59% = kurang

Nilai lulus (*passing grade*) apabila Saudara mampu meraih nilai minimal 85, klasifikasi “baik sekali”.

1. Tujuan khusus

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan dapat menjelaskan tentang teknik *profiling* pada tambang terbuka dan persiapan sebelum pengeboran pada tambang bawah tanah.

2. Teknik *profiling*

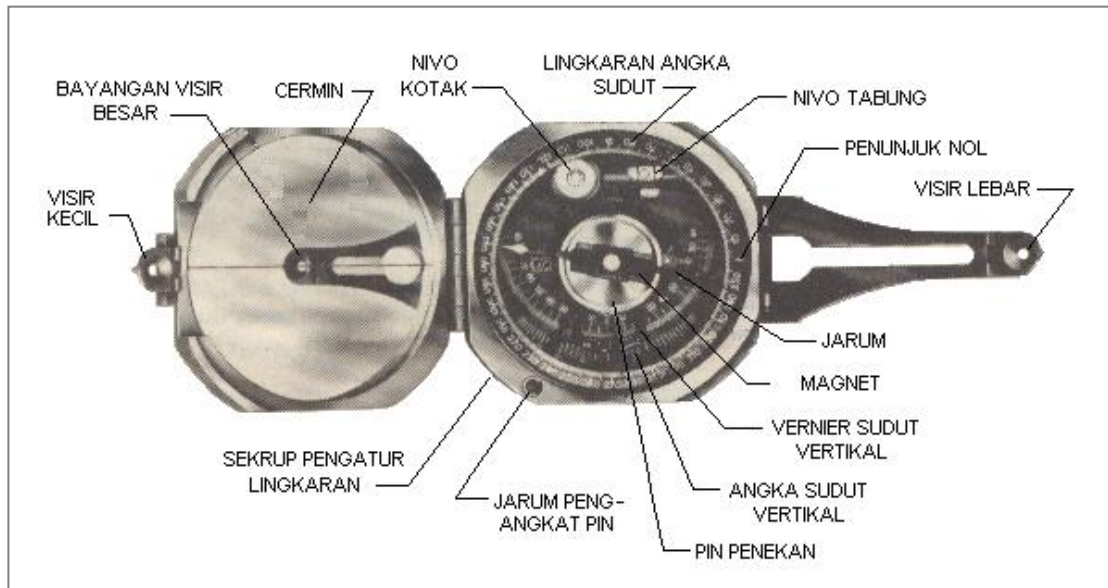
Untuk melakukan *profiling* diperlukan meteran panjang yang digulung dan alat pengukur sudut. Sebagai pengukur sudut gunakan kompas geologi, misalnya kompas tipe “Brunton”, tipe “Silva”, atau jenis kompas geologi lainnya yang sejenis yang dapat mengukur sudut vertikal.

a. Pengukuran sudut vertikal

Kompas pengukur sudut yang akan diuraikan berikut ini adalah tipe Brunton (lihat Gambar 1.1). Kompas Brunton dapat mengukur sudut horizontal (*azimuth*) maupun vertikal (kemiringan). Namun, dalam pekerjaan *profiling* kompas hanya digunakan untuk mengukur sudut vertikal saja. Pada bagian belakang kompas terdapat engkol pemutar vernier sudut vertikal yang akan menunjukkan sudut vertikal. Langkah-langkah pengukuran sudut vertikal sebagai berikut:

- 1) Posisikan sisi kompas pada bidang miring yang akan diukur besar sudutnya
- 2) Putar engkol di bagian belakang atau punggung kompas, sehingga vernier sudut vertikal serta nivo tabung bergerak
- 3) Seimbangkan gelembung udara pada nivo tabung, yaitu dengan memposisikan gelembung udara tersebut tepat ditengah-tengah

- 4) Angka sudut vertikal antara $0^\circ - 90^\circ$ terletak di bawah vernier sudut vertikal yang sekaligus sebagai penunjuknya. Baca dan catatlah angka sudut vertikal tersebut.

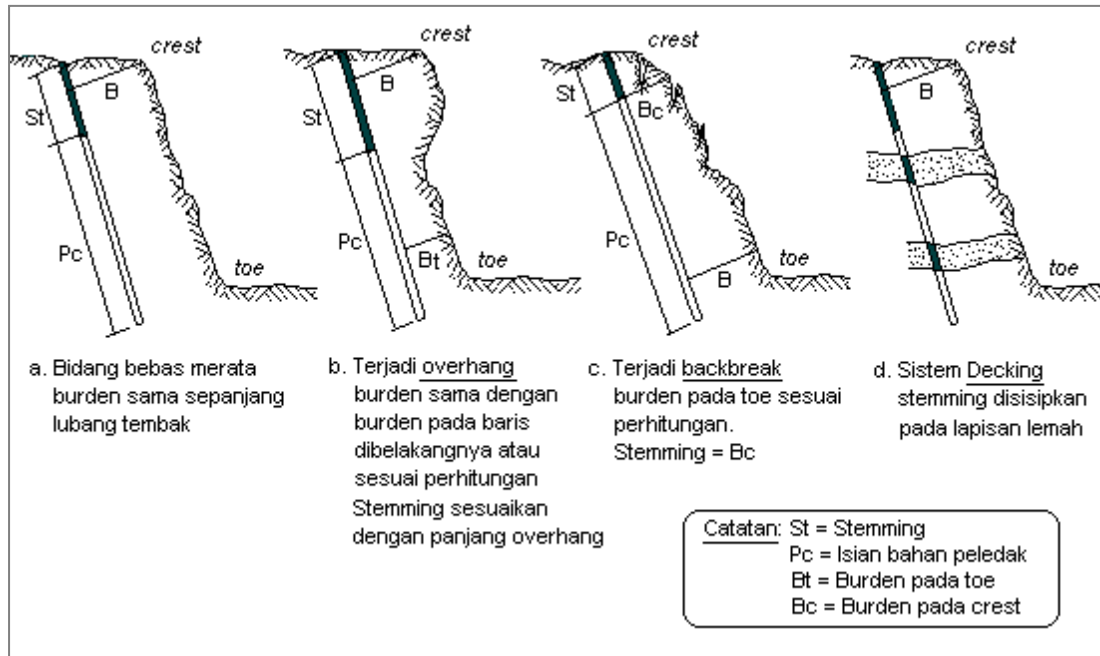


Gambar 1.1. Kompas geologi tipe brunton

b. Pelaksanaan *profiling*

Area yang akan diledakkan pada suatu tambang terbuka sudah ditentukan oleh Supervisor atau Pengelola Peledakan demikian pula dengan spasi, burden dan jumlah baris (*raw*). Juru Ledak harus memperhatikan bentuk profil bidang bebas sepanjang area yang akan diledakkan karena bentuk ini akan mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan dan ada kemungkinan berpotensi terjadinya batu terbang (*fly rock*). Bentuk profil bidang bebas yang dikehendaki, yaitu yang mempunyai profil relatif rata dari bagian atas (*crest*) sampai ke bawah (*toe*) seperti terlihat pada Gambar 2.a. Ketika dijumpai suatu kondisi bidang bebas yang ekstrim tidak rata, misalnya melengkung ke dalam (Gambar 2.b) atau menjorok ke arah luar (Gambar 2.c), maka *profiling* harus dilaksanakan. Tujuannya agar lubang ledak mempunyai burden yang sama sepanjang dinding bidang bebas, atau kemiringan lubang ledak sejajar dengan kemiringan relatif bidang bebas. Dengan demikian kunci dari *profiling* adalah mendapatkan kemiringan relatif bidang bebas atau garis kemiringan semu bidang bebas yang ekstrim tidak rata tersebut. Arah

pengeboran selanjutnya dibuat dengan sudut kemiringan sesuai atau sejajar dengan kemiringan relatif bidang bebas.

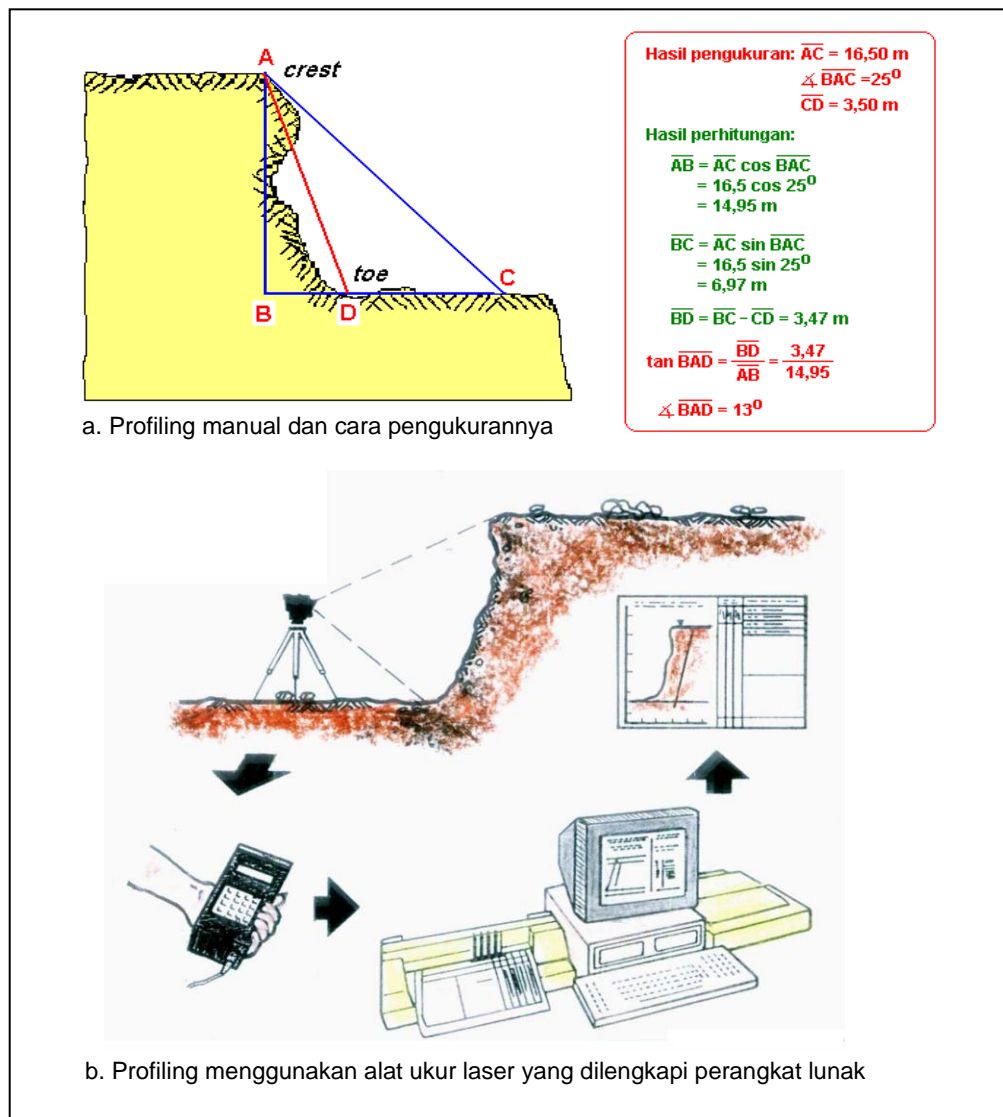


Gambar 1.2. Beberapa kenampakan profile bidang bebas

Profiling dapat dilakukan dengan cara manual atau menggunakan instrument pengukur, misalnya *theodolit*, *electronic distance measurement* dan alat ukur laser (lihat Gambar 1.3.b). Uraian di bawah ini terbatas hanya untuk pekerjaan *profiling* secara manual yang hanya menggunakan alat meteran panjang dan kompas geologi untuk mengukur sudut (lihat Gambar 1.3.a). Langkah-langkah pekerjaan *profiling* manual adalah sebagai berikut:

- 1) Tarik meteran dari bagian atas jenjang (*crest*) menuju suatu titik tertentu pada lantai jenjang dan tentukan serta catat panjangnya (pada Gambar 1.3.a dilukiskan oleh garis AC). Diperlukan minimal dua orang, yaitu satu orang memegang meteran di bagian *crest* dan satu orang lagi di lantai jenjang. Utamakan keselamatan kerja terutama bagi petugas yang berada di bagian *crest*.
- 2) Ukur kemiringan garis AC menggunakan kompas dengan mengikuti prosedur yang telah diuraikan sebelumnya. Pengukuran sudut diupayakan pada

- bentangan meteran yang benar-benar lurus, oleh sebab itu diperlukan satu orang lagi untuk mengukur sudut kemiringan garis AC. Catat kemiringannya.
- 3) Ukur dan catat panjang mendatar dari titik C menuju *toe* atau titik D pada Gambar 1.3.a.
 - 4) Serahkan seluruh catatan hasil pengukuran ke Supervisor atau Pengelola Peledakan agar ditentukan kemiringan relatif bidang bebas atau garis AD pada Gambar 1.3.a.
 - 5) Informasikan kemiringan garis AD kepada Juru bor, demikian juga dengan geometri peledakan lainnya hasil olahan Supervisor.



Gambar 1.3. Ilustrasi teknik *profiling* pada peledakan tambang terbuka

3. Persiapan pengeboran di bawah tanah

Berbagai jenis lubang bukaan di bawah tanah yang dibuat menggunakan operasi pengeboran dan peledakan, diantaranya terowongan (*tunnel*), *drift*, *level*, sumuran vertikal (*shaft*), *raise*, dan aktifitas penambangan. Pekerjaan penting yang harus dilakukan oleh Juru Ledak sebelum pengeboran dilaksanakan, yaitu :

- a. pengamanan area yang akan diledakkan untuk menjaga keselamatan kerja selama pengeboran berlangsung, dan
- b. memberi tanda atau titik-titik lubang bor disertai spesifikasinya, yaitu diameter, kedalaman, dan kemiringan.

Namun, pada praktiknya pekerjaan di atas biasa dilakukan bersama antara Juru ledak dan Juru Bor dengan maksud untuk saling mengontrol demi keselamatan kerja secara menyeluruh.

a. Pengamanan sebelum pengeboran di bawah tanah

Siklus pekerjaan pengeboran dan peledakan di bawah tanah dirangkum dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

- ⇒ Pengeboran lubang ledak (*blasthole drilling*)
- ⇒ Pengisian lubang ledak (*charging*)
- ⇒ Peledakan (*blasting*)
- ⇒ Ventilasi (*ventilation*)
- ⇒ Pengamanan dinding lubang bukaan hasil peledakan dan penyemenan dinding (*scaling and grouting*) bila diperlukan
- ⇒ Pemuatan dan pengangkutan (*loading and hauling*)
- ⇒ Mempersiapkan pengeboran untuk siklus baru (*setting up of the new round*)

Pengamanan dinding lubang bukaan hasil peledakan (*scaling*) pada bagian atap dan dinding kanan-kiri, sebaiknya dilakukan oleh Juru Ledak setelah udara di dalam lubang bukaan benar-benar bersih dan nyaman. Tahapan pengamanan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan dan gunakan tongkat dengan panjang tertentu (*scaling bar*) sebagai alat untuk menjatuhkan batu yang menggantung pada bagian atap dan dinding

kanan-kiri lubang bukaan yang masih memungkinkan diupayakan untuk dijatuhkan secara manual.

- 2) Seandainya terdapat bagian atap atau dinding lubang bukaan yang perlu penyemenan (*grouting*) atau pemasangan baut batuan (*rock bolt*) untuk memperkuat stabilitasnya, segera laporkan ke Supervisor atau Pengelola Peledakan untuk ditindak lanjuti agar siklus pembuatan terowongan atau yang lainnya tidak terhambat.
- 3) Lakukan pemeriksaan akhir untuk seluruh atap dan dinding, setelah yakin tidak ada batu yang menggantung, laporkan hasilnya ke Supervisor bahwa kondisi lubang bukaan hasil peledakan aman.

Dalam melakukan pekerjaan pengamanan di atas Juru Ledak biasanya berdiri di atas tumpukan hasil peledakan dan bergerak dari belakang ke arah permukaan kerja.

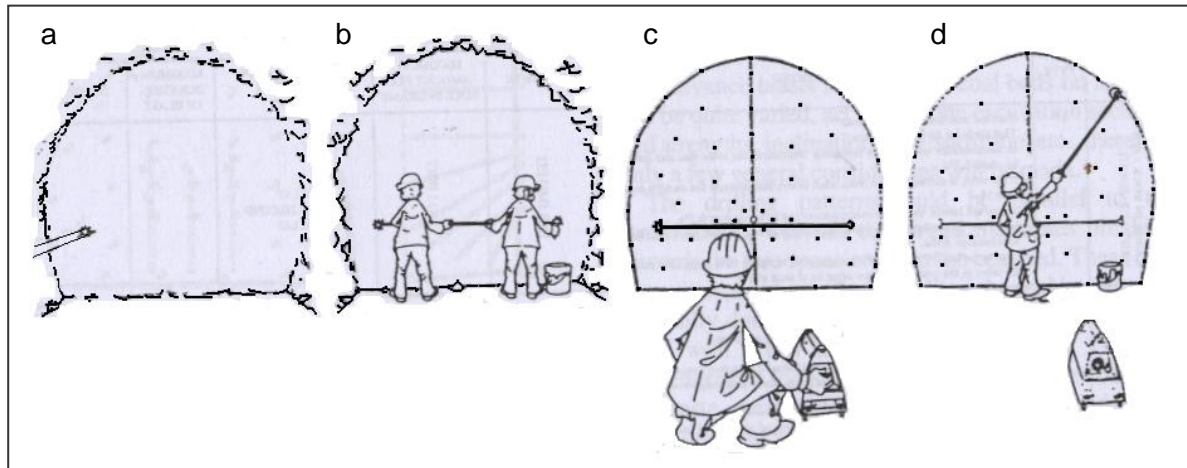
b. Menandai titik lubang bor

Titik lubang bor umumnya ditandai menggunakan cat semprot atau yang sejenis dan tidak mudah luntur oleh air karena pada bukaan bawah tanah selalu terdapat air. Tidak jarang Juru Ledak harus berkoordinasi langsung dengan Juru Bor apabila sulit memberi tanda terhadap titik-titik lubang bor. Yang perlu diperhatikan adalah spesifikasi lubang bor yang meliputi bentuk *cut*, spasi, diameter, kemiringan, dan kedalaman lubang harus diinformasikan kepada Juru Bor.

Terdapat suatu alat pemberi tanda posisi lubang bor di bawah tanah secara elektronik, baik pada pembuatan terowongan maupun sumuran, yang dinamakan proyektor pola pengeboran (Gambar 1.4). Alat ini beroperasi menggunakan baterai dan dapat memberikan bayangan pola pengeboran pada permukaan kerja sesuai dengan yang direncanakan. Cara menggunakannya adalah:

- ⇒ Letakkan proyektor pola pengeboran di atas tripod atau kendaraan bawah tanah.
- ⇒ Tentukan dua titik sebagai acuan pada permukaan kerja (lihat Gambar 1.4.a dan 1.4.b).
- ⇒ Pola pengeboran untuk satu siklus (*round*) diproyeksikan pada permukaan kerja dengan mengacu pada dua titik tersebut di atas (lihat Gambar 1.4.c).

- ⇒ Bayangan titik-titik pola pengeboran yang nampak di permukaan kerja kemudian difokuskan agar nampak jelas, kemudian titik-titik tersebut dicat dan siap dilakukan pengeboran (lihat Gambar 1.4.d).



Gambar 1.4. Sistem proyeksi pola pengeboran di bawah tanah

4. Rangkuman

- Pada peledakan di tambang terbuka atau quarry yang memiliki profile bidang bebas (*free face*) ke arah vertikal sangat tidak beraturan, mungkin cekungan atau tonjolan yang ekstrim, diperlukan pekerjaan *profiling* untuk memperoleh kemiringan rata-rata bidang bebas tersebut.
- Alat yang digunakan untuk membantu pelaksanaan *profiling* adalah pengukur sudut, misalnya kompas, dan meteran.
- Pada peledakan di tambang bawah tanah memerlukan pengamanan area lebih intensif untuk menjaga keselamatan kerja selama pengeboran berlangsung karena ruang yang terbatas dan rawan terhadap kemungkinan runtuhnya batu.
- Teknik untuk memberi tanda atau titik-titik lubang bor dapat dilakukan secara manual atau menggunakan alat “projektor pola pengeboran” elektronik.
- Dimensi geometri pemboran dan titik-titik lubang bor baik pada tambang terbuka maupun bawah tanah harus diinformasikan ke Juru Bor secara jelas.

5. Tugas-tugas 1 dan kunci jawaban

A. Teori

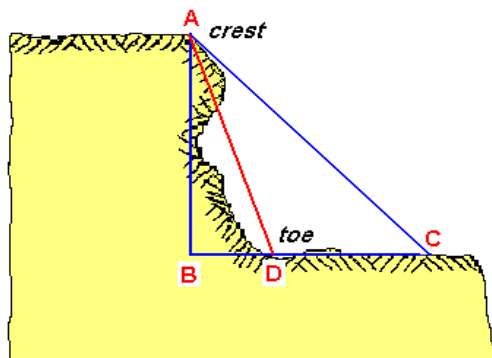
Pilihlah satu jawaban yang paling tepat, lingkarilah A, B, C, atau D.

- 1) Bila saudara melihat bidang bebas yang akan diledakkan sangat tidak beraturan dan harus *profiling*, faktor apa yang pertama kali harus diperhatikan:
 - A. Peralatan ukur sudut dan meteran
 - B. Keamanan dan keselamatan kerja tempat *profiling*
 - C. Cuaca pada saat pengerjaan *profiling*
 - D. Dibiarkan saja bidang bebas tidak perlu dikondisikan
- 2) Setelah pemuatan hasil peledakan selesai dan ventilasi cukup menunjang, maka tugas Juru Ledak sebelum grup pengeboran bekerja adalah :
 - A. Memasang ventilasi
 - B. Menginformasikan ke Juru Bor bahwa pengeboran siap dikerjakan
 - C. Memberi tanda titik-titik lubang bor dengan cat
 - D. Membersihkan atap dan dinding dari adanya batu menggantung memakai *scaling bar*.
- 3) Informasi yang harus disampaikan kepada Juru Bor sebelum pengeboran dikerjakan adalah:
 - A. Spesifikasi setiap lubang bor, yaitu diameter, spasi, burden, kemiringan, dan kedalaman
 - B. Jenis alat bor yang harus dipakai.
 - C. Jumlah lubang bor yang harus dibuat
 - D. Semua jawaban benar
- 4) Jumlah personil minimal yang mengerjakan *profiling* sebaiknya:
 - A. 2 orang
 - B. 3 orang
 - C. 4 orang
 - D. 5 orang
- 5) Dengan menggunakan alat “projektor pola pengeboran” sangat membantu pekerjaan penentuan titik-titik lubang bor, sebab:
 - A. Mempermudah penentuan titik-titik bor
 - B. Tidak perlu personil yang banyak

- C. Lebih presisi dan cepat
- D. Alatnya ringan dan hanya bertenaga baterai

B. Praktek

- 6) Ukur sudut vertikal 30° menggunakan kompas Brunton
- 7) Bentuk team sebanyak 3 orang, kemudian peragakan pekerjaan *profiling*
- 8) Ukurlah berapa meter panjang AC dan CD dengan skala 1 cm = 1 m, kemudian dengan menggunakan busur derajat ukur $\angle BAD$ dan $\angle BAC$



C. Kunci jawaban 1

1. B	2. D	3. A	4. B	5. C
------	------	------	------	------

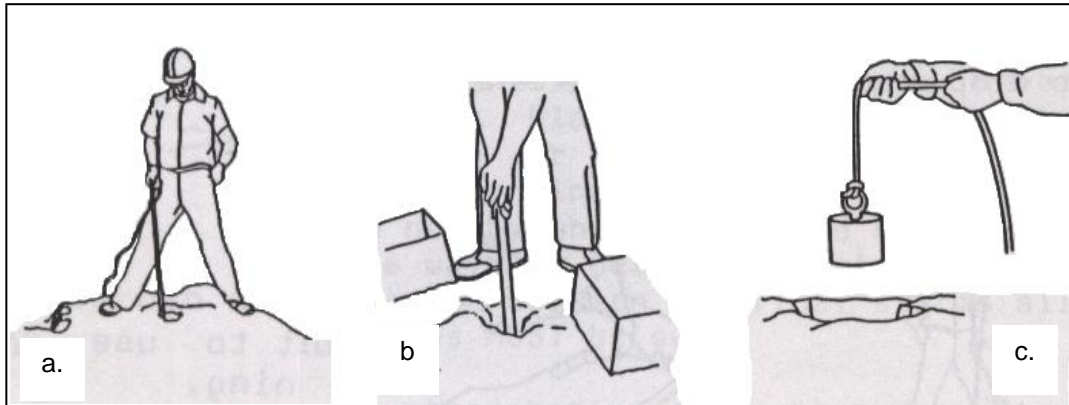
1. Tujuan khusus

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan dapat menjelaskan secara rinci tentang pemeriksaan lubang ledak, pengisian lubang ledak, dan penyambungan rangkaian pada setiap sistem peledakan.

2. Pemeriksaan lubang ledak

Pekerjaan yang harus dilakukan menjelang pengisian setiap lubang adalah memeriksa lubang tersebut agar pada saat pengisiannya tidak ada hambatan. Beberapa aspek yang harus diperiksa adalah sebagai berikut:

- 1) **Memeriksa kedalaman:** Untuk mengecek kedalaman dapat digunakan meteran dengan diberi pemberat secukupnya atau menggunakan tongkat berskala (biasanya dibuat dari bambu) seperti terlihat pada Gambar 2.1.a. Bila lubang ledak tidak sesuai dengan yang direncanakan, maka yang harus dilakukan adalah:
 - Apabila terlalu dalam, isilah dengan bahan untuk *stemming* kemudian dipadatkan sampai kedalamannya berkurang dan sesuai dengan yang direncanakan
 - Apabila kurang dalam, harus dilakukan pengeboran untuk memperdalamnya agar sesuai dengan kedalaman lubang yang direncanakan
- 2) **Memeriksa adanya penghambat:** Apabila terasa ada hambatan atau penyumbat lubang dapat digunakan tongkat bambu untuk mendorong material penghambat (*tamping*). Atau dapat pula menggunakan tali yang diberi pemberat untuk memukul dan mendorong material penghambat (lihat Gambar 2.1.b dan 2.1.c). Apabila penyumbat tersebut sulit diatasi dengan kedua cara di atas, maka perlu dibor ulang dengan hati-hati.



Gambar 2.1. Cara memeriksa kedalaman dan adanya penyumbat dalam lubang ledak

- 3) **Memeriksa air:** Untuk memeriksa adanya air di dalam lubang dapat dengan menjatuhkan batu kecil ke dalam lubang dan bila sampai pada air akan terdengar gema suara benda jatuh ke dalam air. Dapat digunakan pompa atau kompresor alat bor untuk mengeluarkan air. Apabila air masuk kembali dengan cepat ke dalam lubang, disarankan untuk menggunakan bahan peledak yang tahan terhadap air, misalnya *watergel*, emulsi atau *cartridge*. Bila menggunakan ANFO, pakailah tabung atau selubung plastik yang cukup kuat agar tidak bocor dengan diameter lebih kecil sedikit dibanding diameter lubang ledak (lihat Gambar 2.4).
- 4) **Memeriksa rongga dan retakan:** Adalah sangat penting mengetahui adanya rongga atau retakan besar di dalam lubang ledak. Sulit untuk mengetahui seberapa besar rongga tersebut, sehingga apabila bahan peledak diisikan ke dalamnya akan menambah volume dari yang seharusnya. Efek peningkatan volume berakibat buruk karena akan menyebabkan batu terbang (*fly rock*), ledakan udara (*airblast*), atau getaran yang hebat. Cara memeriksa adanya rongga dapat dilakukan sebagai berikut:
 - Menggunakan kaca (atau kaca jam tangan) yang diarahkan ke dalam lubang dan dengan batuan pantulan sinar matahari dapat terlihat ada-tidaknya rongga.
 - Cek data log-bor dari Juru Bor yang menginformasikan adanya kenaikan perubahan penetrasi mendadak pada kedalaman tertentu.

Apabila kedua cara di atas tidak memungkinkan, tidak ada jalan lain harus ekstra hati-hati menuangkan bahan peledak ke dalam lubang. Apabila kecepatan kenaikan bahan peledak dirasakan lambat, maka harus dihentikan, kemudian isikan material *stemming* secukupnya.

5) **Menutup rongga dalam lubang ledak:** Apabila terlihat rongga dalam lubang ledak, langkah-langkah penutupannya sebagai berikut:

- Apabila rongga berada diantara panjang kolom “isian utama”, maka isikan dahulu bahan peledak sampai batas bawah rongga. Selanjutnya isi rongga oleh material *stemming* sampai rongga diperkirakan tertutup. Lanjutkan dengan pengisian bahan peledak sesuai rencana. Untuk meyakinkan bahwa seluruh isian bahan peledak terinisiasi seluruhnya akan lebih baik bila menggunakan primer yang dibuat bersama sumbu ledak.
- Apabila rongga terdapat di bagian dasar lubang, maka tuangkan dahulu material *stemming* sampai rongga diperkirakan tertutup. Masukkan primer dan dilanjutkan dengan pengisian bahan peledak sesuai rencana.

Pada kasus terdapat rongga diantara panjang kolom “isian utama”, akan lebih meyakinkan apabila menggunakan sumbu ledak. Apabila material untuk *stemming* di bagian atas lubang (*collar*) terbatas, maka material pengisi rongga di dalam lubang ledak dapat menggunakan kertas karton bekas bahan peledak, ranting kayu, tanah, dan sejenisnya.

3. Pengisian lubang ledak

Terdapat tiga jenis bahan dalam kolom lubang ledak, yaitu primer, “isian utama” dan ditutup oleh penyumbat (*stemming*). Berikut ini akan diuraikan tentang cara pengisian ketiga bahan tersebut.

a. Pengisian primer

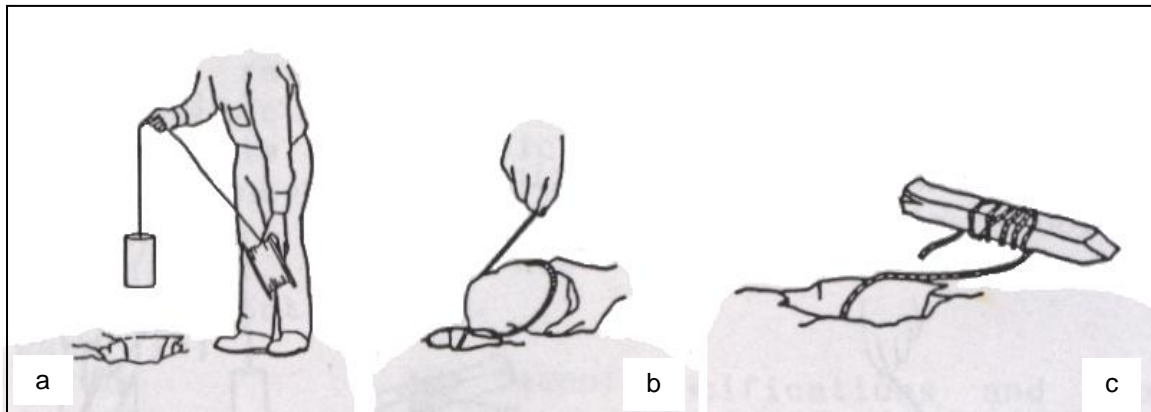
Yang perlu diperhatikan di dalam mengisi lubang ledak adalah letak primernya. Terdapat tiga cara meletakkan primer, yaitu *bottom priming*, *center* atau *middle priming*, dan *collar* atau *top priming*, yang diuraikan sebagai berikut:

- 1) *Bottom priming*: Adalah meletakkan primer di bagian bawah lubang ledak yang jaraknya dari dasar lubang tergantung pada ukuran *subdrilling*, yaitu antara 50 – 100 cm. Urutan pengisian dimulai dari memasukkan bahan peledak sepanjang sekitar 50 cm, dilanjutkan dengan primer, kemudian “isian utama”, dan diakhir dengan penyumbat (*stemming*).
- 2) *Center priming*: Adalah meletakkan primer dibagian tengah “isian utama” bahan peledak. Pertama kali dimasukkan bahan peledak utama, setelah sekitar setengah tinggi kolom isian utama, dimuatkan primer, dilanjutkan dengan bahan peledak utama kembali, dan diakhiri dengan penyumbat.
- 3) *Collar* atau *top priming*: Adalah meletakkan primer dibagian atas isian bahan peledak (*collar*). Diawali dengan memasukkan bahan peledak utama sampai sekitar 30 – 50 cm dari batas isian utama. Setelah itu masukkan primer, dilanjutkan isian utama sampai batas yang direncanakan, kemudian diakhiri dengan memuat penyumbat.

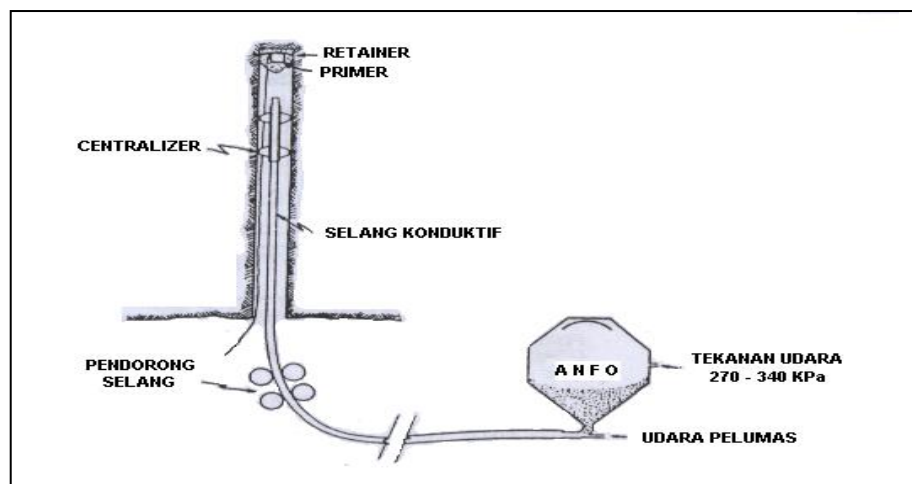
Beberapa hal penting yang harus diperhatikan ketika mengisi primer kedalam lubang ledak adalah :

- ⇒ Hati-hati pada saat memasukkan primer ke dalam lubang ledak, sehingga detonator atau sumbu tidak terlepas dari *cartridge* (Gambar 2.2.a). Setelah primer terletak pada posisinya, ikatlah kawat atau sumbu dengan batu (Gambar 2.2.b) atau kayu (Gambar 2.2.c) di bagian luar agar tidak merosot masuk kembali ke dalam lubang ledak.
- ⇒ Kawat detonator listrik (*legwire*) jangan sampai terkelupas akibat bergesekan dengan dinding lubang. Disamping itu hindari *legwire* yang terlalu pendek, kalau terpaksa dapat disambung dan sambungannya harus diisolasi agar air tidak masuk ke kawat.
- ⇒ Dilarang memadatkan (*tamping*) primer secara berlebihan.
- ⇒ Diameter primer harus lebih kecil sedikit dari diameter lubang ledak. Bila waktu memasukkan primer agak susah turunnya, maka dapat dibantu didorong dengan tongkat kayu dengan perlahan-lahan.
- ⇒ Untuk lubang tegak mengarah ke atas pada bukaan bahwa tanah diperlukan *retainer* untuk menahan primer agar tidak jatuh. Setelah itu “isian utama”,

misalnya ANFO, dipompakan ke dalam lubang dengan tekanan antara 270 - 340 kPa (lihat Gambar 2.3).



Gambar 2.2. Cara memasukkan primer



Gambar 2.3. Pengisian primer pada lubang tegak di bawah tanah

b. Pengisian “isian utama”

Pada Modul 3 tentang Peralatan Peledakan khususnya Pembelajaran 2 tentang Alat Pencampur dan Pengisi telah diuraikan bahwa alat pengisi dipengaruhi oleh diameter lubang ledak, yaitu :

- ⇒ Diameter “Kecil” : < 50 mm (2”)
- ⇒ Diameter “Sedang” : 50 – 100 mm (2” – 4”)
- ⇒ Diameter “Besar” : > 100 mm (4”)

Menuangkan bahan peledak ke dalam lubang ledak yang berdiameter “kecil”, “sedang”, atau “besar” dapat dilakukan secara manual atau mekanis. Dengan cara manual, bahan peledak (biasanya ANFO) dituang langsung ke dalam lubang ledak menggunakan tempat sederhana, misalnya ember plastik, yang telah ditetapkan volumenya. Penuangan bahan peledak sedikit demi sedikit diiringi dengan pengukuran ketinggiannya menggunakan selang plastik atau tongkat berskala sampai batas yang telah direncanakan. Bila dituangkan bahan peledak ANFO ke dalam lubang ledak yang berair, maka ANFO harus diproteksi menggunakan selubung plastik yang cukup kuat seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Menuangkan ANFO ke dalam lubang ledak dan diselubungi plastik
(Quarry batugamping semen Bosowa, Makassar)

Sementara pengisian secara mekanis adalah pengisian yang dilakukan menggunakan alat, baik untuk lubang “kecil”, “sedang”, maupun “besar”. Berbagai jenis alat pengisi tersedia, misalnya *ANFO loader* dan *pneumatic cartridge charger*. Untuk lubang ledak berdiameter “besar” lebih ekonomis menggunakan MMU seperti terlihat pada Gambar 2.5. Cara dan peralatan tersebut dapat digunakan pada tambang terbuka, quarry, maupun pada bukaan bawah tanah. Jenis bahan peledak emulsi dan waterngel dapat ditinggalkan beberapa lama di dalam lubang yang disebut dengan *sleeping time*. Lamanya ditinggalkan dalam lubang harus mengacu pada spesifikasi dari pabrik pembuat bahan peledak tersebut.



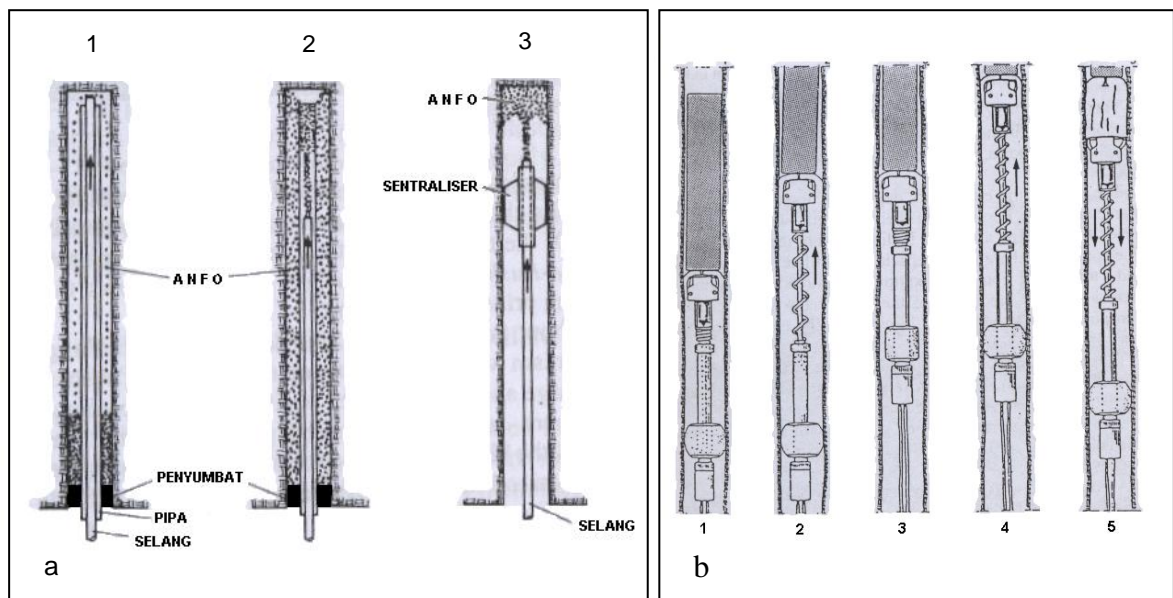
Gambar 2.5. Pengisian lubang ledak menggunakan MMU
(Ireco Chemical, Canada)

Untuk mengisi lubang tegak pada bukaan bawah tanah dapat digunakan pompa atau alat pendorong mekanis agar bahan peledak utama dapat naik. Gambar 2.6.a dan 2.6.b adalah dua cara untuk mengisi lubang tegak masing-masing menggunakan pompa dan mekanis. Cara pengisian dengan pompa seperti terlihat pada Gambar 2.6.a.1 dan 2.6.a.2 adalah sebagai berikut:

- 1) Pasang primer terlebih dahulu pada bagian dasar lubang seperti cara pada Gambar 2.2.
- 2) Pasang pipa dan sisakan ruangan pada bagian dasar lubang di atas, kemudian pasang penyumbat yang kuat pada bagian *collar* lubang ledak..
- 3) Sisipkan selang ke dalam pipa, lalu pompakan bahan peledak yang akan menyembur keluar pipa di dalam lubang ledak, sehingga bahan peledak tersebut akan memenuhi lubang ledak bergerak dari bawah ke atas.
- 4) Turunkan atau tarik selang perlahan-lahan dan apabila sudah batas penyumbat tutuplah pipa tersebut dengan kuat.
- 5) Pada Gambar 2.6.a.3 pengisian bahan peledak tidak menggunakan pipa, sebagai gantinya dipasang sentraliser dan bahan peledak akan mengisi lubang ledak dari bagian dasar lubang bergerak turun sampai bagian *collar*. Kemudian tutup lubang ledak dengan penyumbat yang kuat.

Gambar 2.6.b adalah cara pengisian mekanis yang dinamakan *half-pusher* buatan Nitro Nobel dan digunakan untuk bahan peledak tipe *cartridge*. Cara kerjanya sbb:

- 1) Pasang primer terlebih dahulu pada bagian dasar lubang seperti cara pada Gambar 2.2.
- 2) Masukkan beberapa *cartridge* sekaligus sesuai dengan rancangan, kemudian tutuplah oleh jangkar atau *spider-like piece*.
- 3) Dorong *cartridge* melalui jangkar sampai kedalaman tertentu dan apabila telah sampai dasar lubang pendorongan dihentikan.
- 4) Lepas alat pendorong dan *cartridge* tidak akan jatuh karena terhalang oleh jangkar yang menguncinya.
- 5) Pasang penyumbat dengan kuat di bagian *collar*.



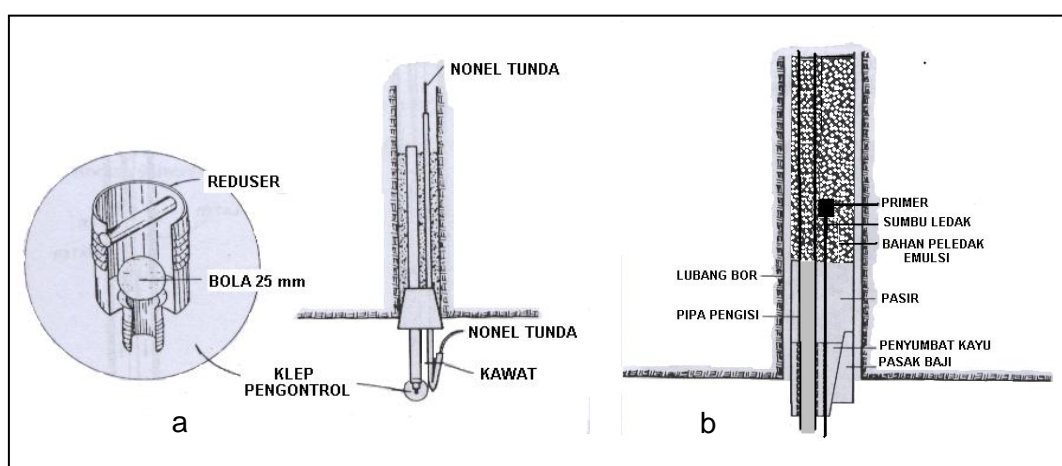
Gambar 2.6. Pengisian lubang ledak vertikal ke atas

c. Pengisian penyumbat (*stemming*)

Penyumbat sebaiknya adalah material 0,5 – 1,0 cm atau batu split karena setelah dipadatkan akan terjadi ikatan kuat antar butir dan saling mengunci. Maksud penguncian antar butir adalah agar cukup kuat menahan energi peledakan, sehingga tidak terjadi *stemming ejection* dan selbagian besar energi didistribusikan kearah horizontal. Apabila tidak tersedia, baik juga digunakan *cutting* hasil pengeboran. Sebaiknya tidak menggunakan tanah liat, pasir halus, kertas karton

atau karung bekas kemasan bahan peledak untuk *stemming* karena tidak akan kuat menahan energi peledakan.

Penyumbat untuk lubang vertikal ke atas pada peledakan bagian atap pada bukaan di bawah tanah umumnya menggunakan baji dan kayu. Bentuk baji tersebut bisa tunggal atau ganda. Untuk baji tunggal umumnya terdapat klep pengontrol di bagian bawah pipa pengisi yang pada bagian dalamnya terdapat bola berdiameter 25 mm untuk menahan keluarnya bahan peledak (lihat Gambar 2.7.a). Baji dipukul ke arah atas agar kuat, sementara bola di dalam lubang ledak akan menahan keluarnya bahan peledak. Sedangkan pada Gambar 2.7.b menggunakan baji ganda, di mana pasak bajinya dipukul untuk memperkuat posisi baji penyumbat tersebut.



Gambar 2.7. Penyumbat pada lubang ledak vertikal

4. Penyambungan rangkaian

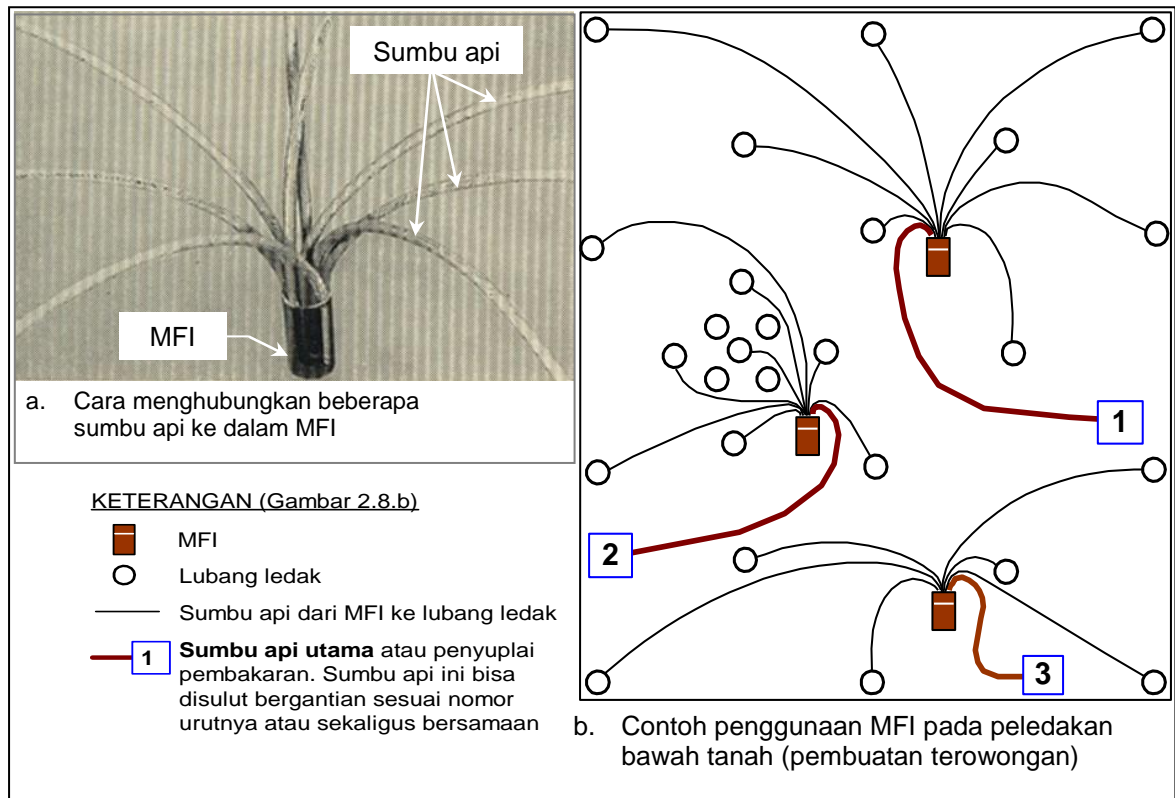
Teknik penyambungan pada setiap rangkaian peledakan berbeda dan bahkan peledakan menggunakan sumbu api, sumbu ledak dan nonel penyambungannya sangat spesifik. Cara penyambungan sumbu api, sumbu ledak dan nonel harus menggunakan alat penyambung yang disediakan untuk masing-masing sumbu seperti yang telah diuraikan pada Modul 2 tentang Perlengkapan Peledakan, Pembelajaran 2 tentang Sumbu dan Penyambung pada Peledakan.

a. Sambungan pada rangkaian sumbu api

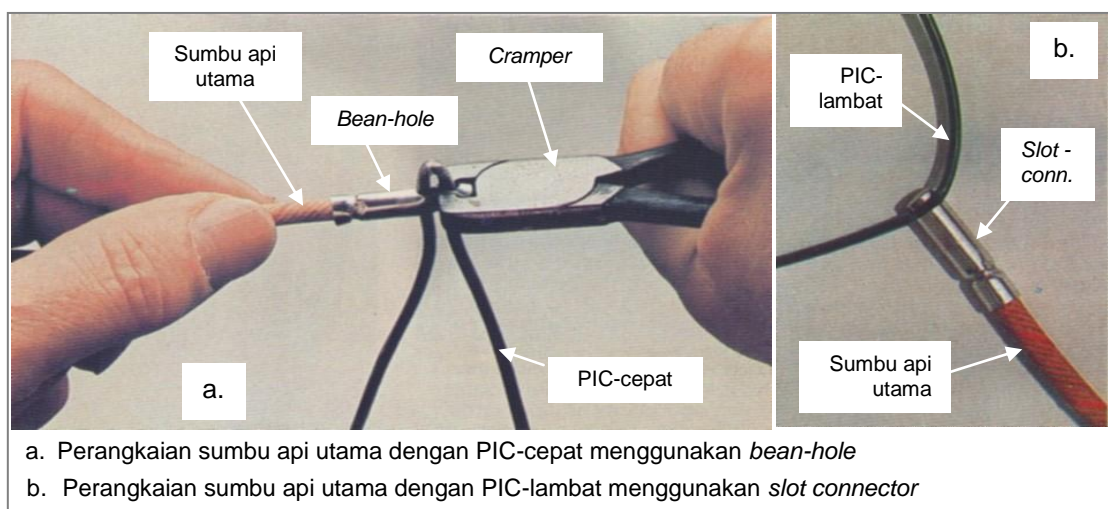
Peledakan dengan detonator biasa (*plain detonator*) umumnya hanya dapat diterapkan pada beberapa lubang ledak saja, yaitu maksimum sekitar 20 lubang, karena keterbatasan teknis dan pertimbangan aspek keselamatan kerja. Cara peledakannya dengan membakar sumbu api dengan panjang berbeda dari setiap lubang. Minimal panjang yang keluar dari lubang ledak sekitar 60 cm, karena kecepatan rambat pada sumbu api 60 cm/menit. Oleh sebab itu sumbu api yang disulut pertama kali adalah sumbu yang paling panjang, menyusul kemudian yang pendek dan terakhir sumbu api yang panjangnya 60 cm. Cara tersebut sangat riskan kecelakaan dan tingkat kegagalannya pun tinggi. Apabila jumlah lubang ledak banyak, biasanya diperlukan lebih dari satu orang juru ledak untuk menyulut sumbu api. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perlengkapan peledakan lainnya sebagai penyambung yang jenisnya adalah *Multiple Fuse Ignitor*, *Plastic Ignitor Cord* (PIC), *Bean-hole Connectors*, dan *Slotted Connectors*. Dengan demikian merangkai detonator biasa berarti merangkai sejumlah sumbu api menggunakan salah satu atau beberapa alat penyambung yang telah disebutkan. Gambar 2.8.a memperlihatkan cara menyambung sumbu api dengan MFI dan 2.8.b cara merangkai setiap lubang ledak melalui MFI tersebut. Umumnya setiap MFI bisa bermuatan maksimum hingga 10 sumbu api termasuk salah satu sumbu api penyuplai pembakaran atau **sumbu api utama**. Penyalaan sumbu api utama dapat disulut masing-masing atau menggunakan PIC. Bila menggunakan PIC, maka setiap perangkaian setiap sumbu api utama dengan PIC dapat menggunakan penyambung *bean-hole* atau *slotted* (lihat Gambar 2.9). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyambungan adalah:

- ⇒ Bila peledakan setiap lubang dibedakan interval waktunya, sumbu api harus dipotong dengan panjang yang berbeda.
- ⇒ Bila peledakan untuk beberapa lubang sekaligus, maka sumbu di permukaan sebaiknya memakai sumbu khusus, yaitu *Multiple Fuse Ignitor* (MFI), *Plastic Ignitor Cord* (PIC), *Bean-hole Connectors*, dan *Slotted Connectors*.
- ⇒ Bila peledakan untuk beberapa lubang sekaligus tetapi tidak memakai konektor, maka waktu penyalaan sumbu harus dilakukan oleh 2 orang yang salah seorang diantaranya berperan sebagai Pengawas.

⇒ Pelaku penyulutan hanya diijinkan kepada orang yang benar-benar mengerti, cukup berpengalaman dan memiliki Kartu Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.



Gambar 2.8. Merangkai sumbu api menggunakan MFI



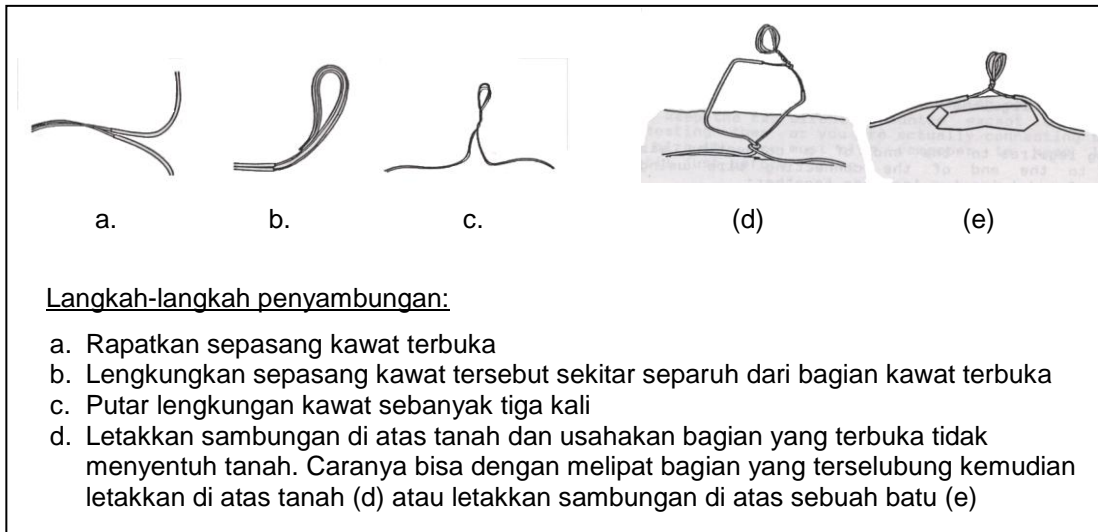
Gambar 2.9. Perangkaian sumbu api utama dengan PIC (ICI Explosives)

Saat ini penggunaan detonator biasa untuk kegiatan peledakan utama pada penambangan terbuka dan bawah tanah sudah berkurang karena tersaingi keunggulannya oleh detonator listrik dan nonel. Sampai tahun 1960-an peledakan bahan galian menggunakan detonator biasa masih intensif, baik pada tambang terbuka maupun bawah tanah, dengan menerima segala kelemahannya. Oleh sebab itu jaminan keselamatan kerja menjadi sangat kritis.

b. Sambungan pada rangkaian listrik

Umumnya penyambungan hanya dilakukan antar kawat pada sistem rangkaian peledakan listrik. Penyambungan tersebut sangat kritis, terutama kalau terpaksa berada dalam lubang ledak yang apabila tidak diisolasi dengan kuat dapat menyebabkan arus pendek akibat adanya dari arus liar (*stray current*) dan arus statis (*static current*). Untuk menghindari kemungkinan tersebut harus dilakukan pengukuran menggunakan *blastohmeter* (BOM) pada setiap titik sambungan dan *legwire* yang telah dimasukkan ke dalam lubang ledak. Beberapa hal yang harus diperhatikan pada penyambungan kawat pada peledakan listrik adalah:

- ⇒ Sambungan *legwire* dengan *connecting wire* atau kabel pembantu di dalam lubang harus diisolasi dengan baik dan kuat
- ⇒ Penyambungan rangkaian antar lubang harus dilaksanakan secepatnya dengan cara penyambungan seperti pada Gambar 2.10 dan 2.11. Ujung kawat jangan terbuka, tetapi harus selalu diikat, baik *legwire* secara terpisah maupun ujung kawat dari rangkaian yang akan disambung ke *lead wire*.
- ⇒ Rangkaian harus dibuat rapih dan efektif. Upayakan agar kawat tidak kusut.
- ⇒ Sebelum rangkaian disambung ke kawat utama atau *lead wire*, tahanan listrik dan kesinambungan arus dari rangkaian harus diukur dengan *blastohmeter* (BOM). Tahanan listrik rangkai harus sesuai dengan perhitungan teoritis dan toleransi 10% dapat dianggap baik.
- ⇒ Secara terpisah “kawat utama” harus diukur juga tahanannya.
- ⇒ Pemegang kunci *blasting machine* dan pelaku inisiasi hanya diijinkan kepada orang yang benar-benar mengerti, cukup berpengalaman dan memiliki Kartu Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.



Gambar 2.10. Langkah-langkah penyambungan kawat pada peledakan listrik



Gambar 2.11. Penyambungan kawat pada peledakan listrik
(Quarry batugamping semen Bosowa, Makassar)

Terdapat empat rangkaian listrik peledakan, yaitu rangkaian seri, paralel, paralel-seri, dan seri-paralel. Ketentuan yang dipakai dalam modul ini tentang penyebutan rangkaian paralel-seri dan seri-paralel dipandang dari arah datangnya arus atau dari *blasting machine*. Pemilihan tipe rangkaian tergantung pada jumlah detonator yang akan diledakkan dan tipe operasinya. Gambaran umum tentang penerapan rangkaian listrik pada peledakan antara lain :

- ⇒ Rangkaian seri diterapkan pada peledakan kecil di mana jumlah detonator kurang dari 40 biji atau maksimum 50 detonator
- ⇒ Rangkaian paralel-seri dan seri-paralel dipakai pada peledakan dengan jumlah lubang detonator cukup banyak atau lebih dari 40 biji.
- ⇒ Rangkaian paralel digunakan pada aplikasi khusus, biasanya pada tambang bawah tanah.

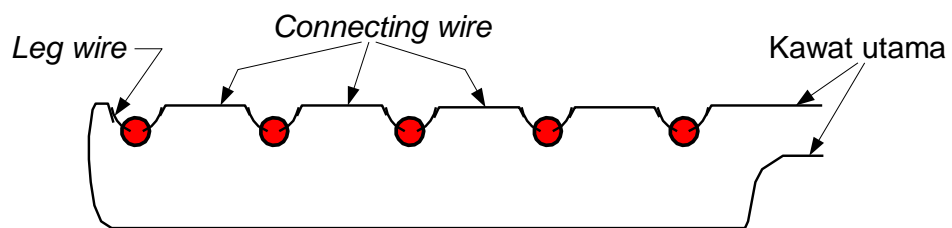
1) Rangkaian seri

Rangkaian seri adalah rangkaian yang sangat sederhana dengan arus minimum yang disuplai *blasting machine* pada setiap detonator sekitar 1,5 Amper untuk menjamin tiap detonator tersebut meledak sempurna. Prinsip perangkaian adalah menghubungkan *legwire* dari satu lubang ke lubang lain secara menerus, sehingga apabila salah satu detonator mati, maka seluruh rangkaian terputus dan akan berakibat gagal ledak. Pada sistem seri akan diperoleh arus (amper) yang rendah dan tegangan atau voltage tinggi. Apabila salah satu kawat ada yang putus, maka seluruh rangkaian tidak dapat berfungsi. Umumnya jumlah detonator pada sistem seri ini kurang dari 40 biji dengan panjang leg wire tiap detonator 7 m. Tahanan total (R_{TS}) dan voltage dari rangkaian seri dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_{TS} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$V = I \times R$$

di mana R_{TS} , R_n , V dan I masing-masing adalah tahanan seri total, tahanan setiap detonator, tegangan (voltage) dan arus. Dari rumus di atas terlihat bahwa rangkaian seri menggunakan arus yang kecil tapi tegangan tinggi.



Gambar 2.12. Rangkaian seri

Contoh:

Rangkaian seri 40 detonator *short delay* dengan tahanan tiap detonator 1,8 ohms, 35 m kawat penyambung (*connecting wire*) 22 AWG dan 60 m kawat utama (*lead wire*) terbuat tembaga ganda berukuran 23/0,076 yang diisolasi dengan plastik PVC dengan tahanan 5,8 ohms per 100 m. Hitung total tahanan dan voltage.

Penyelesaian:

Komponen	Jumlah	Tahanan	Total tahanan
Detonator (<i>leg wire</i>)	40	1,8 ohms	72 ohms
Kawat penyambung 22 AWG ¹⁾	35 m	$\frac{16,14}{330} = 0,05$ ohms/m	1,75 ohms
Kawat utama: 5,8 ohms/100m	60 m	0,058 ohms/m	3,48 ohms
Total tahanan seri			77,23 ohms

¹⁾ Lihat Tabel 4.1, Modul 2: Perlengkapan Peledakan

Dengan menggunakan arus minimal 1,5 amper, maka:

$$V = 1,5 \times 77,23 = \mathbf{115,85 \text{ volts}}$$

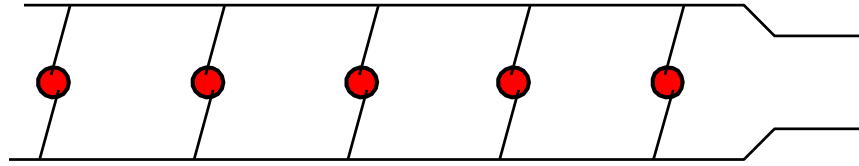
2) Rangkaian paralel

Rangkaian paralel adalah suatu rangkaian di mana setiap detonator mempunyai alur alternatif dalam rangkaian tersebut, sehingga apabila salah satu atau beberapa detonator mati, detonator yang lainnya masih dapat meledak. Oleh sebab itu pengujian rangkaian menyeluruh secara langsung sangat riskan, apabila setiap detonator belum diuji. Untuk peledakan rangkaian paralel, arus minimum yang diperlukan per detonator sekitar 0,5 ampere. Namun secara menyeluruh sistem paralel memerlukan arus tinggi dengan voltage rendah dan untuk menyuplai tenaga listriknya digunakan panel kontrol khusus bukan dari *blasting machine* atau *exploder*. Tahanan paralel total (R_{TP}) dihitung sebagai berikut:

$$\frac{1}{R_{TP}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$I_{total} = 0,5 \times \sum \text{detonator}$$

Rangkaian paralel umumnya dipakai pada penambangan bawah tanah, di mana panel kontrol listrik untuk peledakan sudah tersedia.



Gambar 2.13. Rangkaian paralel

Contoh:

Suatu rangkaian paralel 15 detonator *short delay* dengan tahanan tiap detonator 1,8 ohms, 30 m *bus wire* ukuran 16 AWG, 40 m kawat penyambung ukuran 22 AWG dan 150 m kawat utama ukuran 22 AWG. Hitunglah total tahanan dan voltage.

Penyelesaian:

Total arus yang diperlukan untuk 15 detonator = $0,5 \times 15 = 7,5$ ampere

Komponen	Jumlah	Tahanan (R)	Total tahanan (R _{TP})
Detonator	15	1,8 ohms	$\frac{1,8}{15} = 0,12$ ohms
<i>Bus wire</i>	30 m	$\frac{4,02}{330} = 0,012$ ohms/m	0,36 ohms
Kawat penyambung	40 m	$\frac{16,14}{330} = 0,05$ ohms/m	2,00 ohms
Kawat utama	150 m	$\frac{16,14}{330} = 0,05$ ohms/m	7,50 ohms
Total tahanan paralel			9,98 ohms

Dengan menyuplai arus 7,5 ampere, maka:

$$V = 7,5 \times 9,98 = 75 \text{ volts}$$

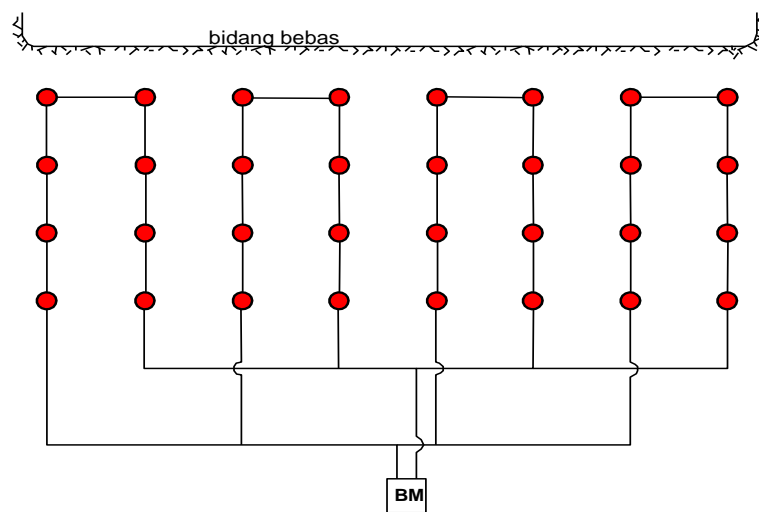
3) Rangkaian parallel-seri

Rangkaian ini terdiri dari sejumlah rangkaian seri yang dihubungkan paralel. Umumnya rangkaian ini diterapkan apabila peledakan memerlukan lebih dari 40 detonator dengan *leg wire* setiap detonator lebih dari 7 m serta dipertimbangan bahwa apabila seluruh lubang ledak dihubungkan secara seri memerlukan power yang besar. Perhitungan tahanan dan arus untuk memperoleh power atau voltage yang sesuai sebagai berikut:

- Hitung dulu tahanan total untuk setiap rangkaian

- Hitung tahanan pada rangkaian paralel-seri dengan menganggap bahwa tahanan total hubungan seri sebagai tahanan pada rangkaian paralel.

Cara paralel-seri cukup efektif untuk jumlah lubang ledak kurang dari 300, namun demikian perlu dipertimbangkan pula bahwa untuk jumlah lubang ledak sampai ratusan rangkaian dan perhitungan menjadi tambah kompleks. Rangkaian listrik dengan jumlah lubang ledak yang terlalu akan menyumbangkan distribusi arus yang tidak merata dan juga jumlah rangkaian seri untuk power tersedia menjadi terbatas. Gambar 2.14 memperlihatkan skema rangkaian paralel-seri.



Gambar 2.14 Rangkaian paralel-seri

Contoh:

Suatu rangkaian parallel-seri terdiri dari 4 seri masing-masing mempunyai 40 detonator *short delay* dengan tahanan tiap detonator 1,8 ohms, kawat penyambung ukuran 22 AWG 40 m, dan kawat utama ukuran 22 AWG 150 m. Hitunglah total tahanan dan voltage.

Penyelesaian:

Komponen	Jumlah	Tahanan (R)	Total tahanan (R _{TPS})
Detonator	40	1,8 ohms	72 ohms
Kawat penyambung	40 m	$\frac{16,14}{330} = 0,05$ ohms/m	2 ohms
Tahanan setiap rangkaian seri			74 ohms

Total tahanan dalam paralel untuk 4 hubungan seri = $74 \text{ ohms} / 4 = 18,5 \text{ ohms}$

Total tahanan rangkaian paralel-seri

Komponen	Jumlah	Tahanan (R)	Total tahanan (R _{TPS})
Seri dalam paralel	4	74 ohms	18,5 ohms
Kawat utama (<i>lead wire</i>)	150 m	$16,14 / 330 = 0,05 \text{ ohms/m}$	7,5 ohms
Total tahanan paralel			26 ohms

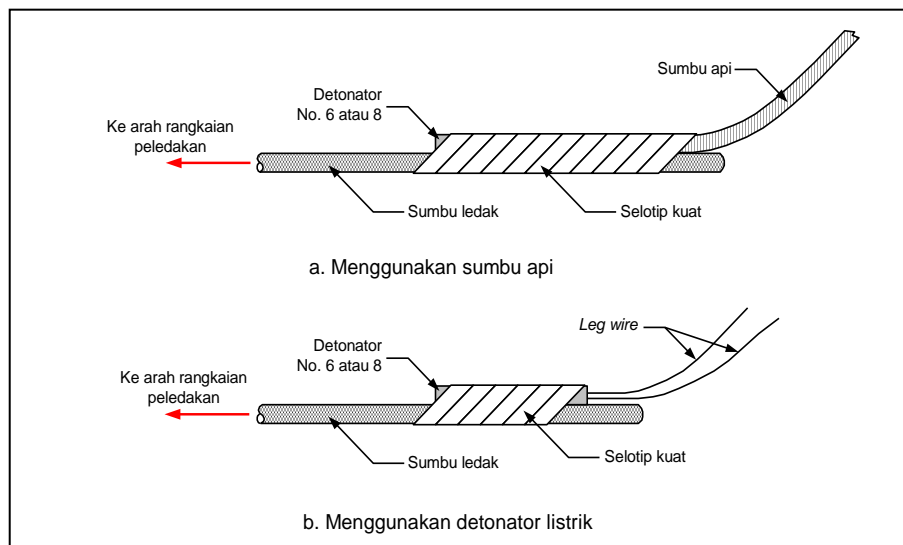
Jadi volatage yang dibutuhkan untuk hubungan paralel-seri tersebut adalah:

$$I = 1,5 \times 4 = 6 \text{ ampere}$$

$$V = 6 \times 26 = \mathbf{156 \text{ volts}}$$

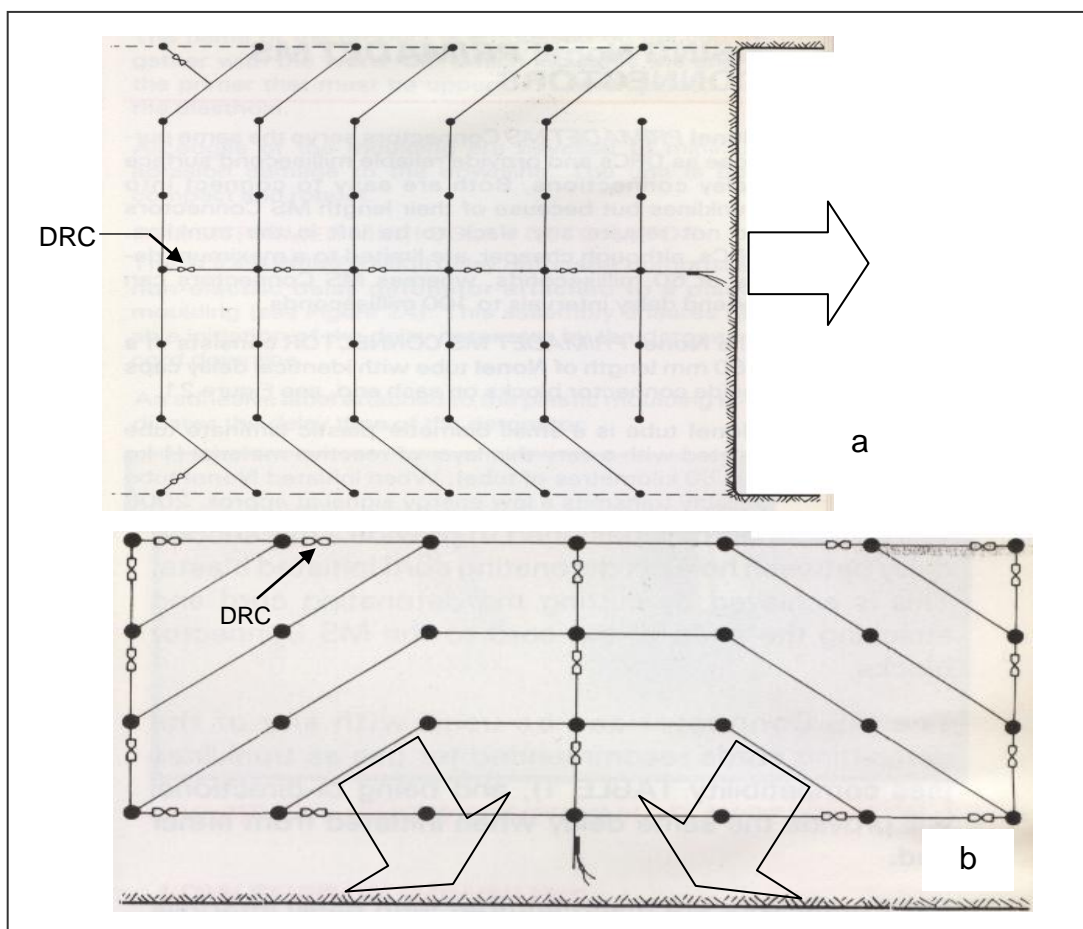
c. Sambungan pada rangkaian sumbu ledak

Sumbu ledak atau *detonating cord* digunakan pada peledakan di tambang terbuka dan quarry dengan menggunakan bahan peledak yang cukup banyak, dan saat ini digunakan pula untuk *smooth blasting*. Cara menginisiasi sumbu ledak digunakan detonator biasa atau listrik yang diikat kuat (diselotip) pada sumbu tersebut (Gambar 2.15). Gelombang kejut dari detonator akan menginisiasi bahan peledak PETN yang terdapat di dalam sumbu ledak dan diteruskan menuju rangkaian peledakan dengan kecepatan detonasi 6000 – 7000 m/s.



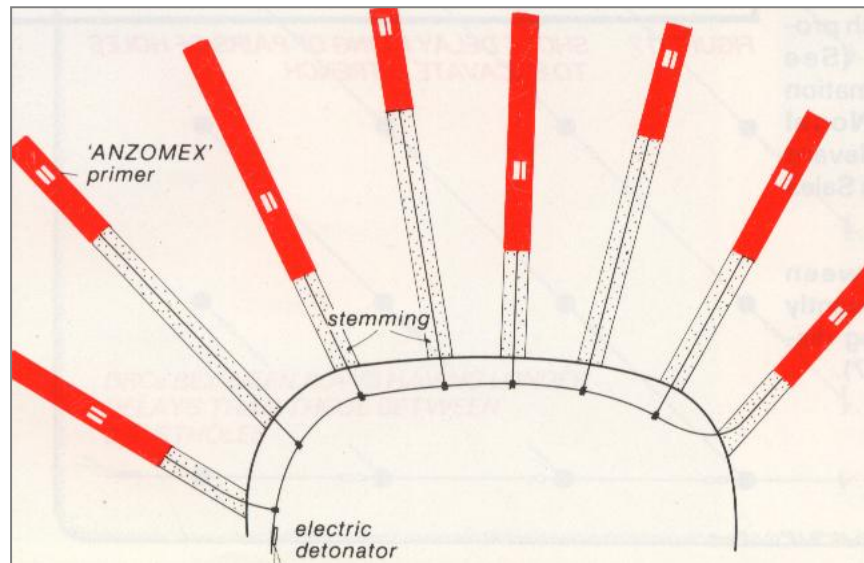
Gambar 2.15. Cara menginisiasi sumbu ledak

Waktu tunda pada rangkaian sumbu ledak menggunakan *Detonating Relay Connectors* (DRC) dan *MS Connector* seperti yang telah diuraikan pada Modul 2, Perlengkapan Peledakan. DRC atau *MS Connector* dipasang diantara baris atau lubang, sehingga lemparan peledakan dapat diarahkan ke tempat yang diinginkan. Gambar 2.16 memperlihatkan dua kemungkinan penempatan waktu tunda peledakan dengan sistem sumbu ledak. Pada Gambar 2.16.a inisiasi terjadi antar baris, sehingga arah lemparan fragmentasi kedepan. Pola peledakan tersebut sangat efektif untuk memotong atau membuat jalan. Sedangkan 2.16.b titik inisiasi awal (*initiation point* atau IP) terletak ditengah-tengah dan arah lemparan fragmentasi cenderung terpusat ke tengah area peledakan. Cara tersebut sangat umum diterapkan di quarry dan tambang terbuka. Waktu tunda yang dipasang antar lubang atau baris bervariasi antara 9 – 100 ms bahkan ada produsen yang mampu membuat waktu tunda untuk DRC dan *MS Connector* antara 5 – 400 ms.



Gambar 2.16. Rangkaian peledakan dengan sumbu ledak

Peledakan serentak (*simultaneous*) umumnya dilakukan pada tambang bawah tanah dengan jumlah lubang ledak terbatas karena kedalaman lubang ledaknya pendek, misalnya pembuatan terowongan dan pada lombong (*stope*) produksi. Ring sumbu ledak utama dibuat sebagai tempat kedudukan sumbu ledak cabang yang masuk ke dalam lubang ledak, sehingga apabila sumbu ledak utama diinisiasi, maka serentak seluruh lubang akan meledak (Gambar 2.17).

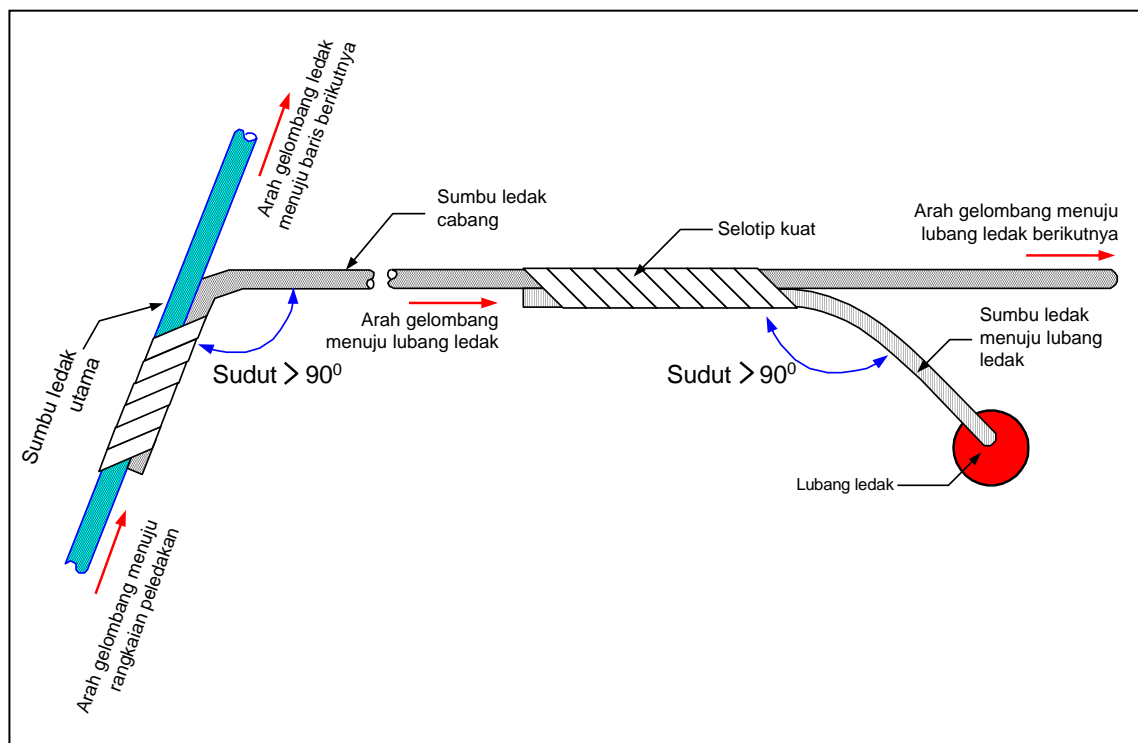


Gambar 2.17. Peledakan serentak sumbu ledak pada penambangan bijih bawah tanah

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyambungan adalah:

- ⇒ Sambungan harus memenuhi persyaratan sebagaimana telah diberikan dalam petunjuk pada Modul 2.
- ⇒ Jarak antar lubang tertentu agar tidak terjadi *sympathetic detonation*.
- ⇒ Dilarang memotong sumbu ledak menggunakan alat dari besi.
- ⇒ Pada waktu memotong sumbu ledak sebaiknya tidak digenggam apalagi dililitkan di tangan.
- ⇒ Hindari adanya rangkaian sumbu ledak yang saling menyilang atau saling menumpang sehingga bersentuhan.
- ⇒ Untuk mengurangi *airblast* dan *noise* pada peledakan tambang terbuka, sebaiknya seluruh sumbu ledak dipermukaan ditutupi oleh material, misalnya *cutting* dari pemboran.

- ⇒ Sambungan antara sumbu ledak utama dan sumbu ledak cabang, baik yang masuk ke dalam lubang ledak maupun antar baris, harus benar-benar baik dan harus membentuk sudut lebih besar dari 90° (lihat Gambar 2.18).
- ⇒ Pelaku inisiasi hanya diijinkan kepada orang yang benar-benar mengerti, cukup berpengalaman dan memiliki Kartu Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.



Gambar 2.18. Sambungan sumbu ledak utama dengan sumbu ledak cabang

d. Sambungan pada rangkaian nonel

Dengan rangkaian nonel dapat diledakkan lebih dari 300 lubang ledak dengan aman dan terkontrol karena ketelitian waktu tunda. Beberapa keuntungan penggunaan sistem nonel antara lain:

- ⇒ Aman dari resiko arus liar dan frekuensi radio
- ⇒ Tidak sensitif terhadap panas dan benturan, baik di dalam lubang maupun di permukaan
- ⇒ Waktu tunda lebih presisi dan bervariasi dibanding detonator listrik
- ⇒ Tidak bersuara

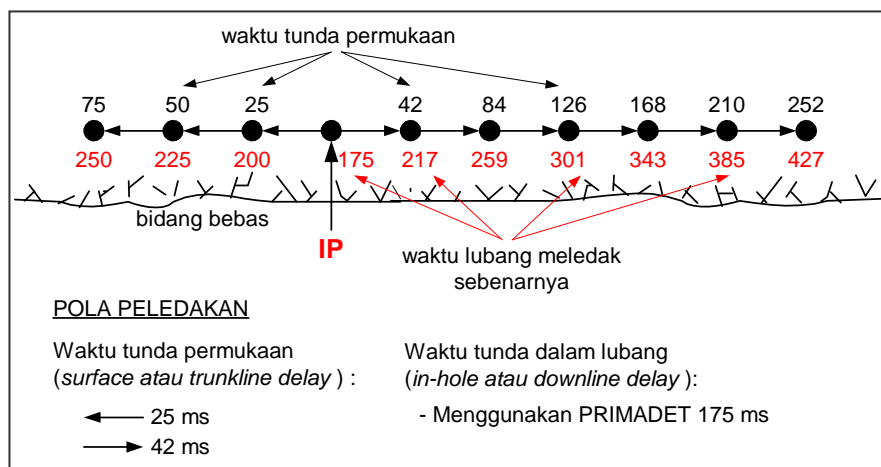
- ⇒ Tidak ada pengaruh negatif terhadap bahan peledak di dalam lubang ledak
- ⇒ Tahan terhadap air bertekanan tinggi
- ⇒ Lentur dan tidak mudah patah walaupun pada musim dingin

Tidak seperti pada sumbu api yang harus memperhatikan jarak antar lubang atau antar baris keran adanya pengaruh *sympathetic detonation*, maka pada nonel kondisi tersebut tidak berpengaruh. Pada saat inisiasi keseluruhan rangkaian, nonel hampir tidak bersuara dibandingkan dengan sumbu ledak. Nonel tidak dapat diinisiasi oleh *impact* atau nyala api. Apabila dibandingkan dengan rangkaian peledakan listrik yang harus memperhitungkan hubungan seri, paralel dan paralel-seri, maka pada nonel hal tersebut tidak berlaku. Sistem waktu tunda dalam rangkaian peledakan nonel menerapkan waktu tunda di permukaan (*trunklines* atau *surface delay*) dan waktu tunda di dalam lubang (*downline* atau *in-hole delay*). Ketentuan yang harus diperhatikan adalah detonator tunda di permukaan harus meledak terlebih dahulu sebelum detonator tunda di dalam lubang ledak. Oleh sebab itu waktu tunda di permukaan lebih kecil dibanding di dalam lubang, atau “jumlah waktu tunda seluruh lubang ledak di permukaan lebih kecil dibanding jumlah waktu tunda seluruh lubang ledak di dalam lubang ledak”. Dengan cara demikian ketelitian ledakan setiap lubang lebih terjamin, sehingga arah lemparan fragmentasi lebih presisi dan getaran yang dihasilkan kecil. Perhatikan Gambar 2.19, 2.20 dan 2.21 yang memperlihatkan sistem peledakan nonel di tambang terbuka. Waktu tunda ke arah kiri dan kanan dari IP (titik awal inisiasi) berbeda dan waktu tunda di dalam lubang 175 ms, maka tertera pada gambar tersebut bahwa waktu meledak sebenarnya merupakan penjumlahan secara deret ukur dari waktu tunda dalam lubang dengan waktu tunda di permukaan.

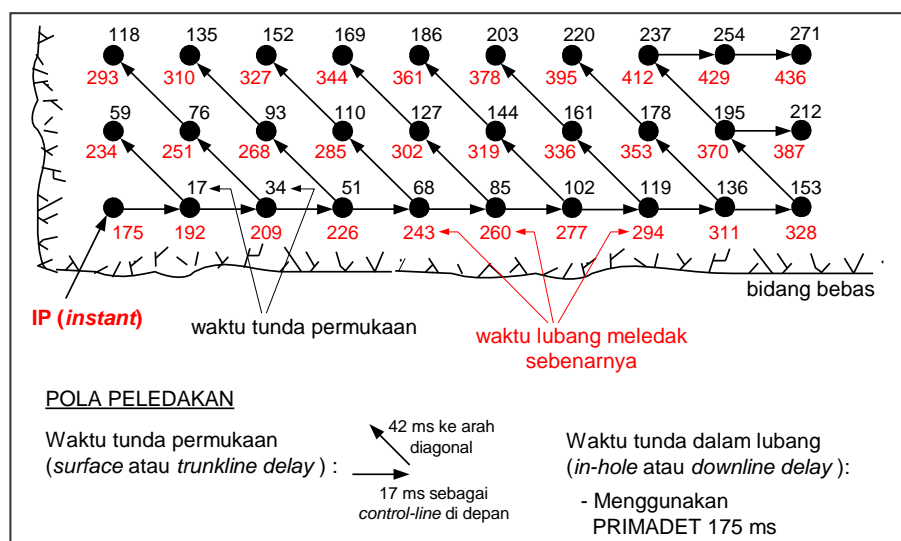
Sumbu ke arah *downline* bisa sumbu nonel atau sumbu ledak. Bila menggunakan sumbu nonel, maka di dalam lubang ledak pun terjadi waktu tunda ledak seperti telah diuraikan di atas; namun, bila menggunakan sumbu ledak, peledakan di dalam lubang akan terjadi serentak. Penyambungan (*tie-up*) sumbu *downline* dengan *trunkline* harus dilakukan dengan hati-hati agar jangan terbalik, dengan cara sebagai berikut (lihat Gambar 2.22):

- (1) Perhatikan arah datangnya gelombang inisiasi yang menuju rangkaian

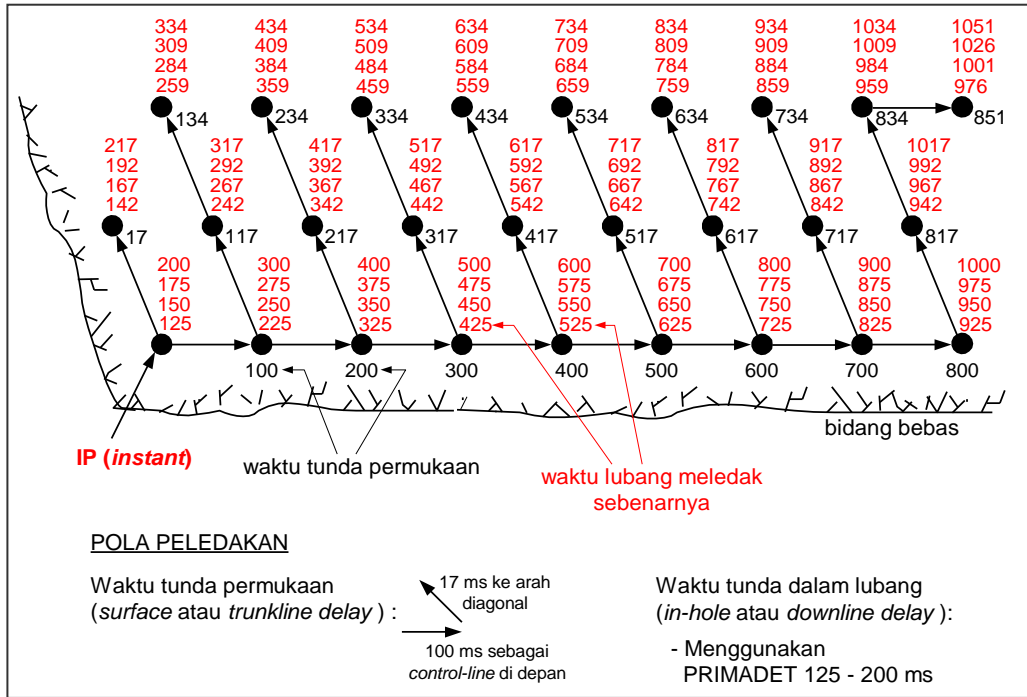
- (2) Blok pengikat (*bunch block*) yang dilengkapi detonator tunda harus diletakkan dekat dengan lubang ledak
- (3) Disepanjang *control line* terdapat 4 ikatan sumbu nonel per *bunch block*, yaitu 2 sumbu nonel tunda *downline* dan 2 sumbu nonel tunda *trunkline* yang terdiri dari 1 sumbu *control line* dan 1 sumbu nonel cabang.
- (4) Pada sumbu nonel cabang hanya terdapat 3 ikatan sumbu nonel per *bunch block*, yaitu 2 sumbu nonel tunda *downline* dan 1 sumbu nonel tunda *trunkline*.



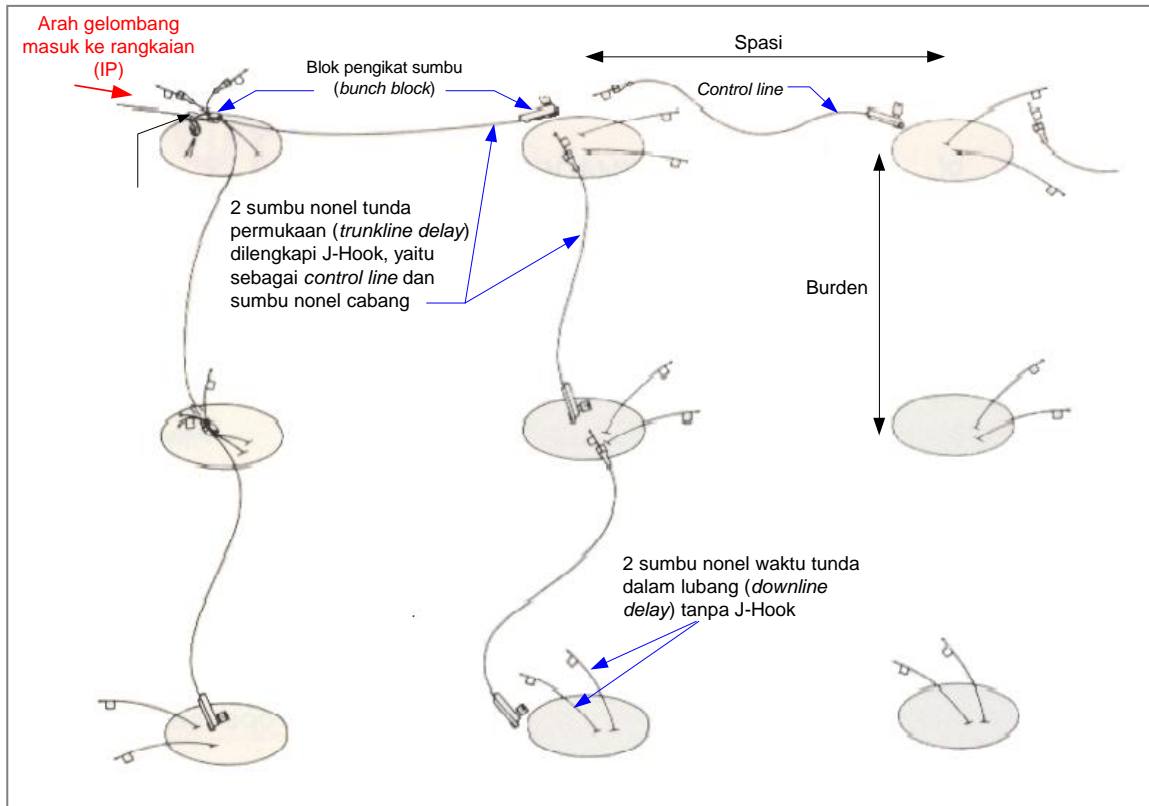
Gambar 2.19. Rangkaian peledakan nonel satu baris dengan waktu tunda antar lubang



Gambar 2.20. Rangkaian peledakan nonel banyak baris dengan waktu tunda antar lubang



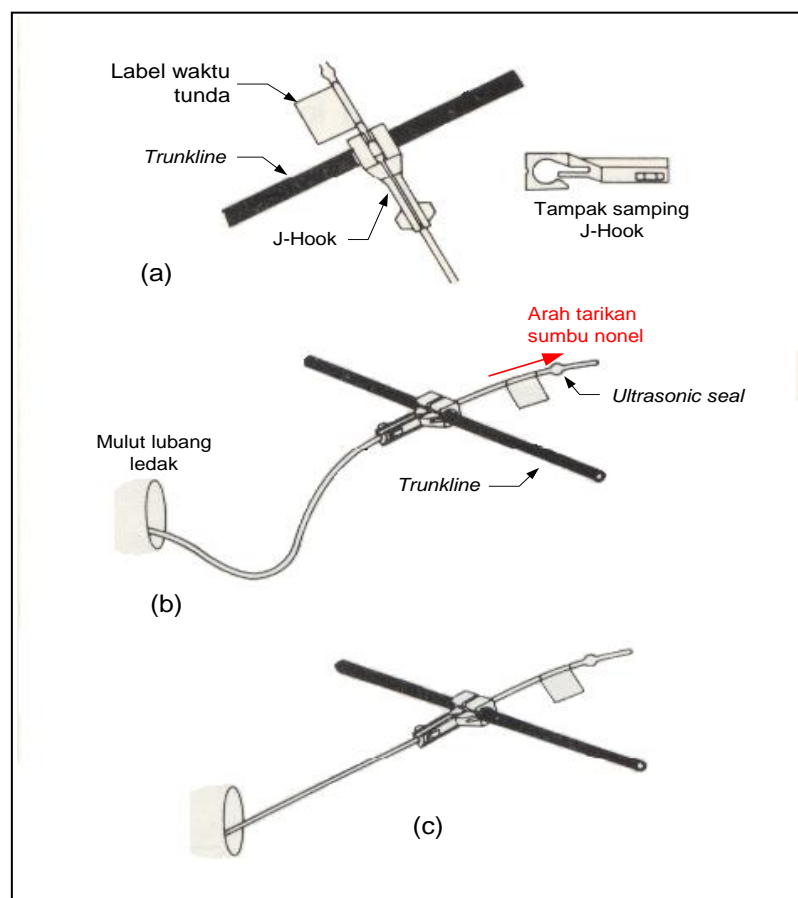
Gambar 2.21. Rangkaian peledakan nonel banyak baris dengan waktu tunda antar lubang dan di dalam lubang



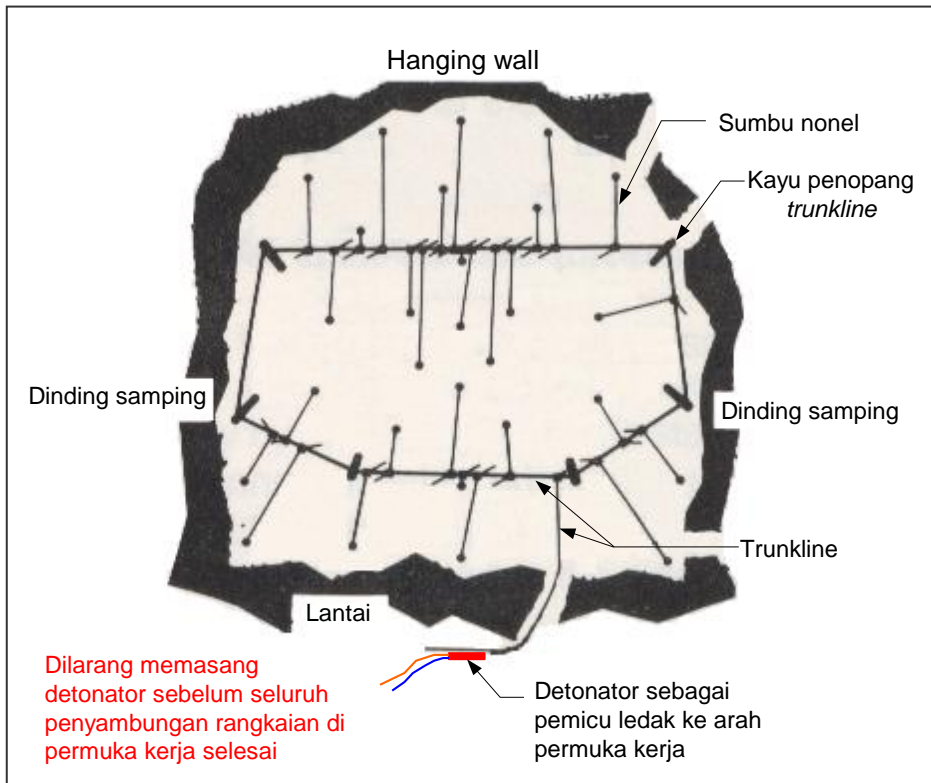
Gambar 2.22. Cara penyambungan sumbu nonel di tambang terbuka

Prinsip penyambungan sumbu nonel pada tambang bawah sama dengan tambang terbuka, hanya biasanya sebagai *trunkline* digunakan sumbu ledak yang dilingkarkan ke sekitar permukaan kerja dan ditopang oleh kayu yang ditancap kuat pada dinding permukaan kerja atau *tamping stick* (Gambar 2.24 dan 2.25). Seluruh sumbu nonel dari dalam lubang dikaitkan ke sumbu ledak menggunakan *J Hooks* yang terdapat pada sumbu nonel tersebut. Langkah-langkah pengikatan sumbu nonel ke sumbu ledak atau *trunkline* sebagai berikut (lihat Gambar 2.23):

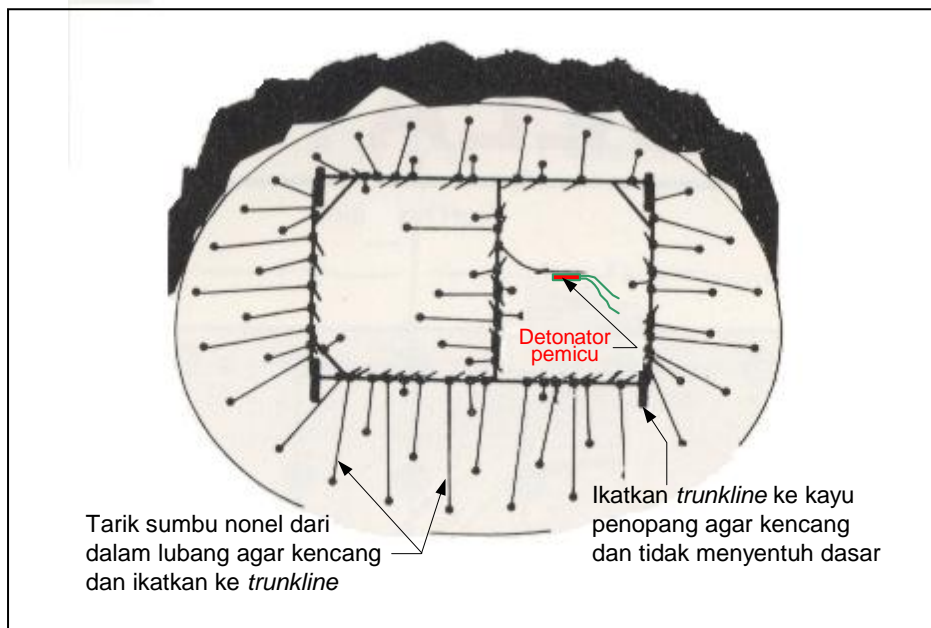
- (1) Kaitkan *J Hooks* ke *trunkline* yang terdekat dengan lubang ledak (Gambar 2.23.a)
- (2) Genggamlah ikatan *J Hooks* dan *trunkline*, kemudian tarik perlahan-lahan sumbu nonel agar tidak kendur (Gambar 2.23.b dan 2.23.c)
- (3) Aturilah posisi ikatan *J-Hooks* dengan menggesernya sepanjang *trunkline* (Gambar 2.23.c)



Gambar 2.23. Cara penyambungan sumbu nonel di tambang bawah tanah



Gambar 2.24. Rangkaian peledakan nonel di bawah tanah menggunakan *J - Hooks*



Gambar 2.25. Peledakan nonel pada pembuatan sumuran vertikal

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyambungan nonel adalah:

- ⇒ Sambungan harus memenuhi persyaratan sebagaimana telah diuraikan sebelumnya dan petunjuk pada Modul 2.
 - ⇒ Rangkaian harus rapih dan efektif.
 - ⇒ Diusahakan tidak memotong sumbu nonel (walaupun diperkenankan sesuai prosedur dari pabrik pembuatnya), oleh sebab itu untuk sumbu *in-hole delay* sebaiknya dipilih yang panjangnya benar-benar mencukupi.
 - ⇒ Penyambungan sumbu *trunkline delay* dan *center line* dengan menggunakan konektor tunda khusus harus dilakukan secara teliti.
 - ⇒ Pelaku inisiasi hanya diijinkan kepada orang yang benar-benar mengerti, cukup berpengalaman dan memiliki Kartu Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.
-

5. Rangkuman

- a. Pemeriksaan lubang ledak diarahkan pada kedalaman, adanya penghambat, air, rongga atau retakan besar.
- b. Muatan lubang ledak terdiri dari primer, isian utama dan penyumbat. Letak primer bisa dibagian bawah (*bottom priming*), tengah (*middle* atau *centre priming*) dan atas (*top priming*) dari kolom isian utama (*primary charge*).
- c. Menuangkan bahan peledak ke dalam lubang ledak berdiameter “kecil”, “sedang” dan “besar” dapat dilakukan secara manual atau mekanis menggunakan MMU.
- d. Isian utama ANFO tidak boleh dipadatkan terlalu keras sebab akan merusak butirannya dan menambah densitas. Apabila terdapat air dalam lubang, gunakan selubung plastik untuk melindungi ANFO agar tidak larut karena bereaksi dengan air
- e. Penyumbat (*stemming*) sebaiknya dari batuan berukuran 0,5 – 1,0 cm (batu split) dan harus dipadatkan. Paling tidak jenis material untuk penyumbat adalah *cutting* hasil pengeboran.

- f. Pada lubang vertikal ke atas digunakan penyumbat kayu yang berbentuk baji yang penguatannya dengan cara dipukul
- g. Sambungan kawat listrik di dalam lubang harus diisolasi kuat agar tidak terjadi arus pendek akibat arus liar atau arus statis. Sambungan di luar tidak perlu diisolasi, tetapi sedapat mungkin diupayakan tidak menyentuh tanah.
- h. Untuk peledakan listrik dengan jumlah lubang banyak lebih efektif bila diterapkan hubungan parallel seri
- i. Mengingat kondisi tambang bawah tanah rawan kecelakaan sebaiknya diterapkan rangkaian paralel dengan menggunakan *bus wire*, sehingga walaupun terdapat detonator yang gagal ledak, detonator lainnya masih dapat meledak. Sumber listrik disiapkan dari panel kontrol karena voltage yang dibutuhkan besar
- j. Sambungan sumbu biasa dengan penyulutn sekaligus disarankan memakai sumbu khusus, yaitu *Multiple Fuse Ignitor*, *Plastic Ignition Cord*, *Bean-hole connector* dan *Slotted connector*.
- k. Untuk keselamatan kerja, maka sumbu ledak tidak boleh dipotong dengan alat dari besi, pada waktu memotong tidak digenggam apalagi dililitkan di tangan.
- l. Untuk keberhasilan peledakan dengan sumbu ledak, maka :
 - ⇒ jarak antar lubang tertentu agar tidak terjadi *sympathetic detonation*,
 - ⇒ hindari adanya rangkaian sumbu ledak yang saling menyilang dan bersentuhan, kurangi *airblast* dan *noise* dengan menutupi seluruh sumbu ledak dipermukaan oleh material, misalnya *cutting* dari pemboran
 - ⇒ sambungan antara sumbu ledak utama dan sumbu ledak cabang, baik yang masuk ke dalam lubang ledak maupun antar baris, harus benar-benar baik dan harus membentuk sudut lebih besar dari 90°
- m. Walaupun nonel diperkenankan dipotong, tetapi sebaiknya diupayakan tidak dipotong.
- n. Pada peledakan nonel, sistem waktu tunda terdapat pada rangkaian di permukaan (*trunkline* atau *surface delay*) dan di dalam lubang (*downline* atau *in-hole delay*). Jumlah waktu tunda seluruh lubang ledak di permukaan harus lebih kecil dibanding jumlah waktu tunda seluruh lubang ledak di dalam lubang ledak.

- o. Penyambungan (*tie-up*) harus memperhatikan arah datangnya gelombang inisiasi yang menuju rangkaian dan blok pengikat (*bunch block*) yang dilengkapi detonator tunda harus diletakkan dekat dengan lubang ledak

6. Tugas-tugas 2 dan kunci jawaban

A. Teori

Lingkari atau berilah tanda silang (X) pada huruf:

- A. Jika pernyataan 1), 2) benar
- B. Jika pernyataan 2), 3) benar
- C. Jika pernyataan 1), 2), 3) benar
- D. Jika pernyataan 1), 2), 3), 4) benar

1. Bila lubang berair langkah pertama yang harus dilakukan adalah:

- 1) Mengukur kedalaman air untuk mengetahui ketinggiannya
- 2) Mengeluarkan air agar lubang relatif kering menggunakan kompresor atau alat timba khusus
- 3) Membiarkannya karena waktu pelaksanaan peledakan terbatas
- 4) Mengisinya dengan material lain

Jawaban: A. B. C. D.

2. Beberapa faktor yang harus diperhatikan pada waktu akan mengisi lubang dengan bahan peledak adalah:

- 1) Kondisi lubang ledak tersumbat atau tidak
- 2) Kedalaman lubang ledak
- 3) Lubang berair atau kering
- 4) Keberadaan rongga dalam lubang

Jawaban: A. B. C. D.

3. Penggunaan MMU sebagai alat pengisi lubang ledak mekanis memerlukan beberapa pertimbangan, antara lain:

- 1) Perlu dimiliki atau dibeli karena proses pengisiannya cepat
- 2) Dilihat dari aspek ekonomi
- 3) Dilihat dari luas area dan target produksi yang menentukan jumlah lubang

4) Pemakaian operator peledakan sedikit

Jawaban: A. B. C. D.

4. Pada suatu tambang terbuka jumlah lubang yang akan diledakkan 100 lubang, maka rangkaian listrik yang sesuai untuk peledakan tersebut adalah:

- 1) Rangkaian seri
- 2) Rangkaian seri-paralel
- 3) Rangkaian paralel-seri
- 4) Rangkaian paralel

Jawaban: A. B. C. D.

5. Peledakan listrik pada tambang bawah tanah sebaiknya menggunakan rangkaian paralel padahal kebutuhan voltage tinggi, mengapa demikian:

- 1) Umumnya tambang bawah tanah banyak air yang dapat menimbulkan arus pendek, sehingga apabila salah satu atau beberapa detonator gagal ledak, detonator lainnya masih ada kemungkinan meledak
- 2) Rangkaian paralel mudah dilaksanakan dengan memasang *bus wire* disekeliling permukaan kerja
- 3) Rangkaian seri memerlukan arus yang tinggi, sedangkan listrik di bawah tanah terbatas
- 4) Rangkaian kombinasi memerlukan waktu lama, sedangkan waktu peledakan terbatas

Jawaban: A. B. C. D.

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat, lingkarilah A, B, C, atau D.

6. Salah satu cara menginisiasi sumbu ledak adalah dengan:

- A. Menggunakan detonator listrik
- B. Dibakar
- C. Menggunakan alat pemicu shotgun
- D. Semuanya benar

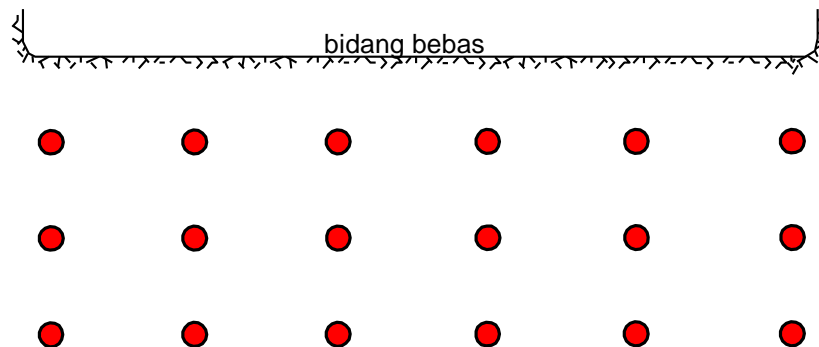
7. Pada peledakan untuk bukaan tambang bawah tanah umumnya menggunakan *bus line* untuk mempermudah penyambungan. Bila sumbu nonel berperan sebagai *bus line*, maka kombinasi penyambungannya bisa dengan:

- A. Kabel listrik

- B. Sumbu nonel
- C. Sumbu api
- D. Semuanya benar

B. Praktik

8. Telah disiapkan sejumlah lubang ledak seperti pada gambar di bawah ini, tugas saudara adalah merangkainya secara seri-paralel dan hitunglah voltage yang diperlukan, bila panjang *leg wire* tiap detonator 7 m memerlukan arusnya 1,5 amper, kawat penyambung tembaga ukuran 22 AWG 90 m, dan kawat utama besi (*ferro*) ukuran 22 AWG 200 m. Hitunglah total tahanan dan voltage.



C. Kunci jawaban 2

- | | |
|------|------|
| 1. A | 5. A |
| 2. D | 6. A |
| 3. B | 7. B |
| 4. C | |

PERSIAPAN PENGAMANAN PELEDAKAN

1. Tujuan khusus

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan dapat menjelaskan secara rinci tentang pengamanan umum peledakan, persiapan sebelum peledakan dan pemeriksaan hasil peledakan

2. Pengamanan umum 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 jadual tetap dan semua karyawan atau orang-orang yang ada disekitar 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 lembab 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 lembab atau kemasukkan 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 dipress, untuk menjamin kelayakan pakai sumbu nonel tersebut. Sebaiknya sumbu nonel tidak dipotong untuk menghindari kelembaban dan masuknya air ke dalam sumbu.

Tatacara pembuatan primer telah diuraikan pada Modul 2 tentang Primer dan Booster.

3. 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 tambang 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 penyulut 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 Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.

b. Tempat berlindung team peledakan di tambang terbuka

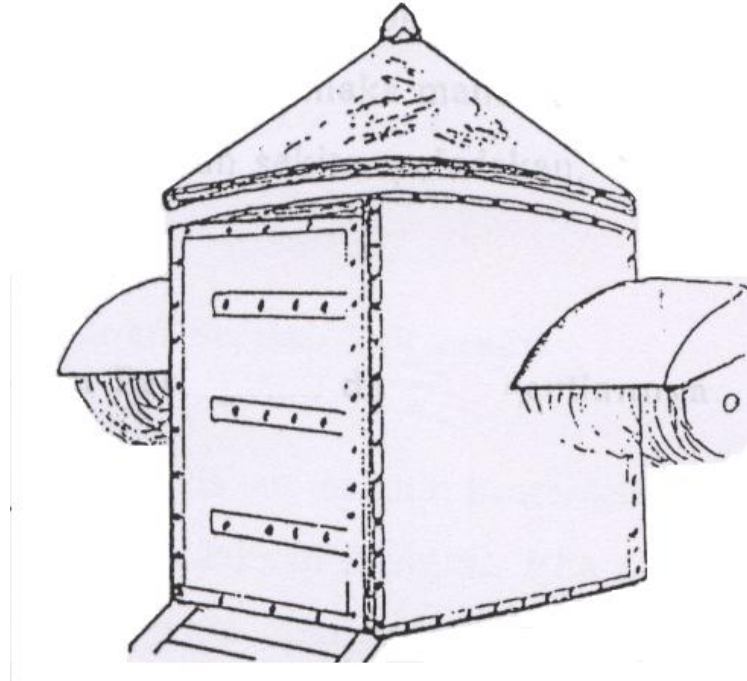
Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Harus dipertimbangkan arah dan jarak lemparan batu, ambil posisi yang berlawanan.
- Periksa keadaan sekeliling tempat berlindung, khususnya bila ada bongkahan batu lepas disekitarnya 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 (Gambar 3.1).
- Pemegang *blasting machine* harus orang yang berpengalaman dan memiliki Kartu Ijin Meledakkan (KIM) atas nama yang bersangkutan dan perusahaan.

c. Tanda peringatan sebelum peledakan (aba-aba)

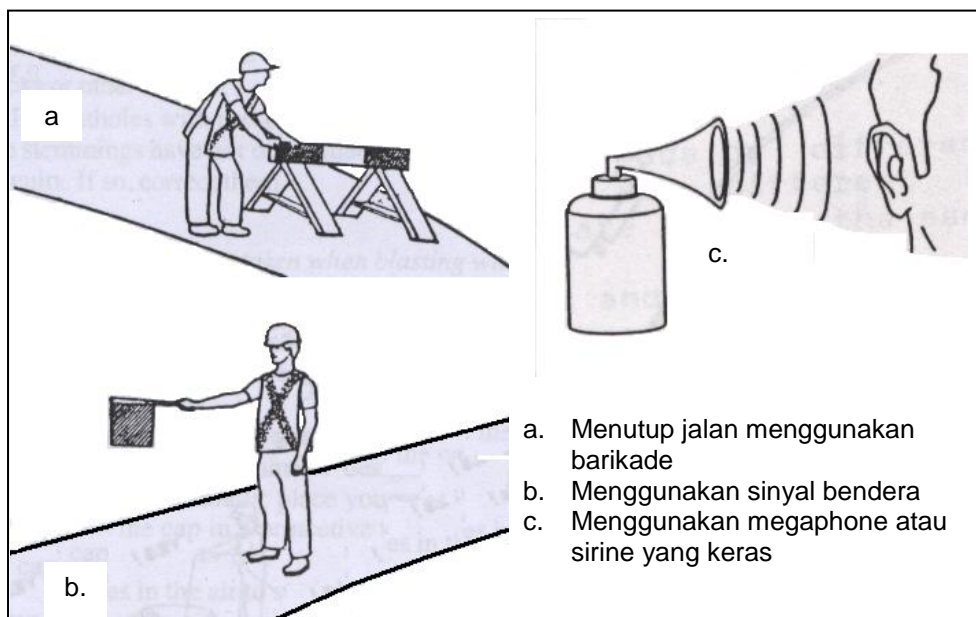
Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Sebelum dilakukan peledakan orang-orang disekitar daerah pengaruh gas dan lemparan batu harus diberi aba-aba peringatan agar berlindung atau menyingkir. Demikian juga halnya dengan peralatan, sebelumnya harus sudah diamankan.



Gambar 3.1. Salah satu bentuk *shelter*

- 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 3.2.

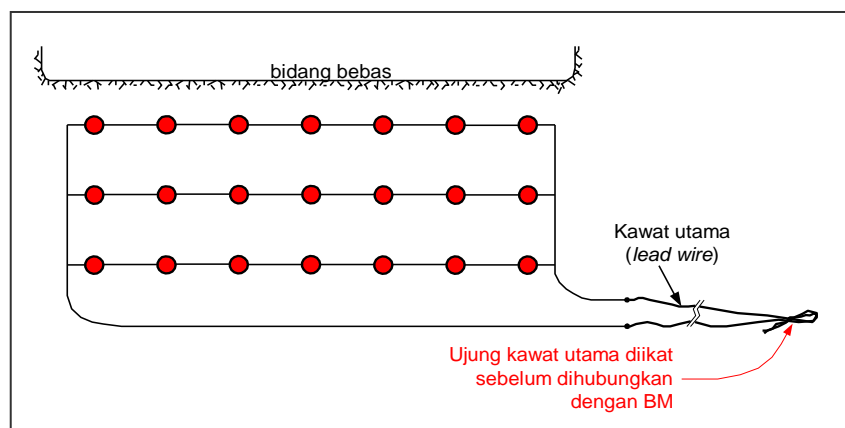


Gambar 3.2. Pengamanan lokasi peledakan

- 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 menyakinkan bahwa lokasi tersebut aman dari orang-orang yang ada disekitarnya.
- Contoh tahapan aba-aba peringatan dan pengertiannya sebagai berikut:

Aba-aba pertama :

- Semua orang yang berada di area peledakan harus menyingkir dan berlindung
- Minta ijin 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 3.3) dan belum disambung ke pemacu ledak (*BM*)



Gambar 3.3. Kedua ujung kawat utama masih dihubungkan

Aba-aba kedua :

- Pekerjaan pada aba-aba pertama sudah dilaksanakan dan Mandor atau Foreman atau Pengawas Peledakan sedang melakukan pemeriksaan akhir

- Kondensator dalam pemacu ledak sedang diisi arus listrik
- Kawat utama sudah disambung dengan pemacu 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.

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 pemacu 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. 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 dahulu 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 disekitarnya. 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 aktifitasnya masing-masing. Dengan ini jalur komunikasi dikembalikan ke sentral informasi, terima kasih”.

5. Rangkuman

- a. Pengamanan umum sebelum peledakan lebih ditujukan kepada karyawan dan masyarakat disekitar area peledakan.
- b. Area yang akan diledakkan hanya boleh dimasuki oleh team peledakan, inspektur tambang, polisi, kepala teknik dan satpam perusahaan yang sedang bertugas untuk pengamanan peledakan.
- c. Tentukan tempat berlindung terlebih dahulu bagi team peledakan, baik pada peledakan tambang terbuka maupun bawah tanah.
- d. Pada peledakan tambang bawah tanah, pastikan bahwa ventilasi berjalan baik dan sirkulasi udara cukup memadai selama proses peledakan
- e. Tempat berlindung pada peledakan tambang terbuka sebaiknya dibelakang arah lemparan fragmentasi atau dapat digunakan *shelter*.
- f. Informasikan aba-aba peledakan se jelas dan sesingkat mungkin kepada karyawan dan masyarakat sekitarnya.
- g. Pasang barikade atau bendera merah di setiap jalan masuk ke arean peledakan
- h. Pada pemeriksaan hasil peledakan, bagaimana pun hasilnya harus terlebih dahulu dilaporkan kepada Pengawas Peledakan.

6. Tugas-tugas 3 dan kunci jawaban

A. Teori

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat, lingkarilah A, B, C, atau D.

- 1) Kapan sebaiknya peledakan rutin pada tambang terbuka dilaksanakan.
 - A. Pada waktu yang tetap dalam seminggu

- B. Pada waktu siang hari pada jam istirahat
 - C. Ketika cuaca tidak mendung dan tidak banyak petir
 - D. Semua jawaban benar
- 2) Area yang akan diledakkan harus dibatasi oleh pita pengaman dan yang boleh masuk ke area persiapan peledakan adalah petugas di bawah ini kecuali:
- A. Karyawan
 - B. Team peledakan
 - C. Polisi dan inspektur tambang
 - D. Kepala teknik dan satpam yang sedang bertugas
- 3) Yang bertugas membuat primer adalah:
- A. Team peledakan
 - B. Satpam yang sedang bertugas
 - C. Team peledakan yang ditunjuk
 - D. Semua jawaban benar
- 4) Kedua kawat pada detonator listrik harus diikatkan satu dengan lainnya sebab:
- A. Mengikuti peraturan yang berlaku
 - B. Mengantisipasi kemungkinan adanya arus pendek dari listrik statis atau arus liar.
 - C. Menjaga agar kawat tidak kusut
 - D. Agar mudah pengelompokkan waktu tundanya
- 5) Untuk menjaga agar sumbu ledak berfungsi dengan baik, maka:
- A. Ujungnya dipotong menggunakan pisau
 - B. Sumbu harus dalam kondisi kering
 - C. Ujungnya dipotong miring agar mudah dibakar
 - D. Ujung-ujungnya dipotong ± 20 cm lalu ditutup selotip sepanjang 5 cm

B. Praktik

- 6) Peragakan cara membuat primer menggunakan detonator listrik, sumbu ledak dan sumbu api
- 7) Bagaimana cara menyambung kawat di permukaan tanah dan di dalam lubang ledak

- 8) Bagaimana menyambung konektor tunda dengan sumbu nonel dan sumbu ledak
- 9) Bagaimana menyambung sumbu api dengan MFI, *bean-hole connector*, dan *sloted connector*
- 10) Ceritakan bagaimana persiapan akhir sebelum peledakan sampai pelaksanaan peledakan

C. Kunci jawaban 3

1. D
 2. A
 3. C
 4. B
 5. D
-

DAFTAR PUSTAKA

1. Anon., 1980, *Blasters' Handbook*, Du Pont, 16th ed, Sales Development Section, Explosives Products Division, E.I. du Pont de Nemours & Co.(Inc), Wilmington, Delaware, pp. 115 – 216.
2. Gutafsson, R, 1973, *Swedish Blasting Technique*, Gothenburg. Sweden, pp. 102 - 123.
3. Hemphill, Gary B., 1981, *Blasting Operations*, McGraw-Hill Book Company, p. 65 – 82.
4. Kempen No: 555.K/26/M.P.E/1995, Direktorat Teknik Pertambangan Umum, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, 1995.
5. Langefors, U and Kihlstrom, B, 1978, *The Modern Technique of Rock Blasting*, John Wiley & Sons, p. 87 – 116.
6. Pavetto, C. S, 1990, *Surface Mine Blasting – a Program Guide for Certification*, CSP Associates, Mining Information Services, Maclean Hunter Publishing Co, Chicago, 317 pp.

