



TEKNIK PELEDAKAN

Rochsyid Anggara, ST

Teknik Peledakan merupakan tindak lanjut dari kegiatan pemboran, dimana tujuannya adalah untuk melepaskan batuan dari batuan induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses penanganan material selanjutnya.



Gambar Ilustrasi Peledakan di Tambang Terbuka

Bahan peledak yang dimaksudkan adalah bahan peledak kimia yang didefinisikan sebagai suatu bahan kimia senyawa tunggal atau campuran berbentuk padat, cair, atau campurannya yang apabila diberi aksi panas, benturan, gesekan atau ledakan awal akan mengalami suatu reaksi kimia eksotermis sangat cepat dan hasil reaksinya sebagian atau seluruhnya berbentuk gas disertai panas dan tekanan sangat tinggi yang secara kimia lebih stabil.

Panas dari gas yang dihasilkan reaksi peledakan tersebut sekitar 4000°C . Adapun tekanannya, menurut Langerfors dan Kihlstrom (1978), bisa mencapai lebih dari 100.000 atm setara dengan 101.500 kg/cm^2 atau 9.850 MPa ($\gg 10.000\text{ MPa}$). Sedangkan energi per satuan waktu yang ditimbulkan sekitar 25.000 MW atau $5.950.000\text{ kcal/s}$. Perlu difahami bahwa energi yang sedemikian besar itu bukan merefleksikan jumlah energi yang memang tersimpan di dalam bahan peledak begitu besar, namun kondisi ini terjadi akibat reaksi peledakan yang sangat cepat, yaitu berkisar antara $2500 - 7500$ meter per second (m/s). Oleh sebab itu kekuatan energi tersebut hanya terjadi beberapa detik saja yang lambat laun berkurang seiring dengan perkembangan keruntuhan batuan.

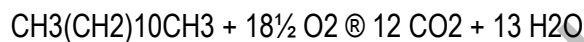
Reaksi dan Produk Peledakan



Peledakan akan memberikan hasil yang berbeda dari yang diharapkan karena tergantung pada kondisi eksternal saat pekerjaan tersebut dilakukan yang mempengaruhi kualitas bahan kimia pembentuk bahan peledak tersebut. Panas merupakan awal terjadinya proses dekomposisi bahan kimia pembentuk bahan peledak yang menimbulkan pembakaran, dilanjutkan dengan deflagrasi dan terakhir detonasi. Proses dekomposisi bahan peledak diuraikan sebagai berikut:

a) **Pembakaran**

adalah reaksi permukaan yang eksotermis dan dijaga keberlangsungannya oleh panas yang dihasilkan dari reaksi itu sendiri dan produknya berupa pelepasan gas-gas. Reaksi pembakaran memerlukan unsur oksigen (O₂) baik yang terdapat di alam bebas maupun dari ikatan molekuler bahan atau material yang terbakar. Untuk menghentikan kebakaran cukup dengan mengisolasi material yang terbakar dari oksigen. Contoh reaksi minyak diesel (diesel oil) yang terbakar sebagai berikut:



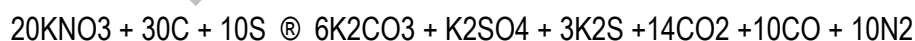
b) **Deflagrasi**

adalah proses kimia eksotermis di mana transmisi dari reaksi dekomposisi didasarkan pada konduktivitas termal (panas). Deflagrasi merupakan fenomena reaksi permukaan yang reaksinya meningkat menjadi ledakan dan menimbulkan gelombang kejut (shock wave) dengan kecepatan rambat rendah, yaitu antara 300 – 1000 m/s atau lebih rendah dari kecep suara (subsonic). Contohnya pada reaksi peledakan low explosive (black powder) sebagai berikut:

v Potassium nitrat + charcoal + sulfur



v Sodium nitrat + charcoal + sulfur



c) **Ledakan**

Menurut Berthelot, adalah ekspansi seketika yang cepat dari gas menjadi bervolume lebih besar dari sebelumnya diiringi suara keras dan efek mekanis yang merusak. Dari definisi tersebut dapat tersirat bahwa ledakan tidak melibatkan reaksi kimia, tapi kemunculannya disebabkan oleh transfer energi ke gerakan massa yang menimbulkan efek mekanis merusak disertai panas dan bunyi yang keras. Contoh ledakan antara lain balon karet ditiup terus akhirnya meledak, tangki BBM terkena panas terus menerus bisa meledak, dan lain-lain.

d) **Detonasi**

Adalah proses kimia-fisika yang mempunyai kecepatan reaksi sangat tinggi, sehingga menghasilkan gas dan temperature sangat besar yang semuanya membangun ekspansi gaya yang sangat besar



pula. Kecepatan reaksi yang sangat tinggi tersebut menyebarkan tekanan panas ke seluruh zona peledakan dalam bentuk gelombang tekan kejut (shock compression wave) dan proses ini berlangsung terus menerus untuk membebaskan energi hingga berakhir dengan ekspansi hasil reaksinya. Kecepatan rambat reaksi pada proses detonasi ini berkisar antara 3000 – 7500 m/s. Contoh kecepatan reaksi ANFO sekitar 4500 m/s. Sementara itu shock compression wave mempunyai daya dorong sangat tinggi dan mampu merobek retakan yang sudah ada sebelumnya menjadi retakan yang lebih besar. Disamping itu shock wave dapat menimbulkan symphatetic detonation, oleh sebab itu peranannya sangat penting di dalam menentukan jarak aman (safety distance) antar lubang. Contoh proses detonasi terjadi pada jenis bahan peledakan antara lain:

- v TNT : $C_7H_5N_3O_6 \rightarrow 1,75 CO_2 + 2,5 H_2O + 1,5 N_2 + 5,25 C$
- v ANFO : $3 NH_4NO_3 + CH_2 \rightarrow CO_2 + 7 H_2O + 3 N_2$
- v NG : $C_3H_5N_3O_9 \rightarrow 3 CO_2 + 2,5 H_2O + 1,5 N_2 + 0,25 O_2$
- v NG + AN : $2 C_3H_5N_3O_9 + NH_4NO_3 \rightarrow 6 CO_2 + 7 H_2O + 4 N_4 + O_2$

Dengan mengenal reaksi kimia pada peledakan diharapkan peserta akan lebih hati-hati dalam menangani bahan peledak kimia dan mengetahui nama-nama gas hasil peledakan dan bahayanya.

Klasifikasi Bahan Peledak

Bahan peledak diklasifikasikan berdasarkan sumber energinya menjadi bahan peledak mekanik, kimia dan nuklir (J.J. Manon, 1978). Karena pemakaian bahan peledak dari sumber kimia lebih luas dibanding dari sumber energi lainnya, maka pengklasifikasian bahan peledak kimia lebih intensif diperkenalkan. Pertimbangan pemakaiannya antara lain, harga relatif murah, penanganan teknis lebih mudah, lebih banyak variasi waktu tunda (delay time) dan dibanding nuklir tingkat bahayanya lebih rendah. Oleh sebab itu modul ini hanya akan memaparkan bahan peledak kimia.

Klasifikasi bahan peledak menurut Mike Smith (1988) yaitu :

- Bahan peledak kuat contohnya TNT, Dinamite, Gelatine



Gambar TNT

- Agen Peledakan contohnya ANFO, Slurries, Emulsi, Hybrid ANFO, Slurry mixtures



Gambar ANFO

- Bahan peledak khusus contohnya Seismik, Trimming, Permissible, shaped Charges, Binary, LOX, Liquid.
- Pengganti bahan peledak contohnya Compressed air/gas, Expansion agents, mechanical methods, waterjets, jet piercing

Sifat-sifat fisik bahan peledak adalah suatu kenampakan nyata dari sifat bahan peledak ketika menghadapi perubahan kondisi lingkungan sekitarnya, yaitu antara lain :

- Densitas yaitu angka yang menyatakan perbandingan berat per volume
- Sensitifitas adalah sifat yang menunjukkan kemudahan inisiasi bahan peledak atau ukuran minimal booster yang diperlukan
- Ketahanan terhadap air (water resistance)
- Kestabilan kimia (chemical stability)
- Karakteristik gas (fumes characteristic)

Konsep Dasar Peledakan

Kegiatan peledakan pada massa batuan mempunyai beberapa tujuan, yaitu :

- a. Membongkar atau melepaskan batuan (bahan galian) dari batuan induknya.
- b. Memecah dan memindahkan batuan
- c. Membuat rekahan

Bahan peledak merupakan sarana yang efektif sebagai alat pembongkar batuan dalam industri pertambangan. Oleh karena itu perlu dimanfaatkan sebagai barang yang berguna, disamping juga merupakan barang yang berbahaya. Untuk itu dalam pelaksanaan pekerjaan peledakan harus hati-hati sesuai dengan peraturan dan teknik-teknik yang diterapkan, sehingga pemanfaatannya lebih efisien dan aman.

Teknik peledakan yang dipakai tergantung dari tujuan peledakan dan pekerjaan atau proses lanjutan setelah peledakan. Untuk mencapai pekerjaan peledakan yang optimum sesuai dengan rencana, perlu diperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Karakteristik batuan yang diledakkan



- b. Karakteristik bahan peledak yang digunakan
- c. Teknik atau metode peledakan yang diterapkan.

Suatu proses peledakan biasanya dilakukan dengan cara membuat lubang tembak yang diisi dengan sejumlah bahan peledak; dengan penerapan metode peledakan, geometri peledakan dan jumlah bahan peledak yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Kriteria Peledakan yang berhasil :

- a. Target produksi terpenuhi
- b. Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang dibongkar per kg bahan peledak (powder factor)
- c. Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (boulder)
- d. Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada overbreak , overhang, retakan-reakan)
- e. Dampak terhadap lingkungan minimum (fly rock, getaran, kebisingan, gas beracun, debu)

Perlengkapan Peledakan

Perlengkapan peledakan adalah bahan-bahan yang membantu peledakan yang habis dipakai yaitu :

1. Detonator

Detonator adalah alat pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk letupan (ledakan kecil) sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka detonator atau primer. Terdapat dua jenis muatan bahan peledak dalam detonator yang masing-masing fungsinya berbeda, yaitu:

- Isian utama (primary charge) berupa bahan peledak kuat yang peka (sensitive), fungsinya untuk menerima efek panas dengan sangat cepat dan meledak sehingga menimbulkan gelombang kejut.
- Isian dasar (base charge) disebut juga isian sekunder adalah bahan peledak kuat dengan VoD tinggi, fungsinya adalah menerima gelombang kejut dan meledak dengan kekuatan besarnya tergantung pada berat isian dasar tersebut.

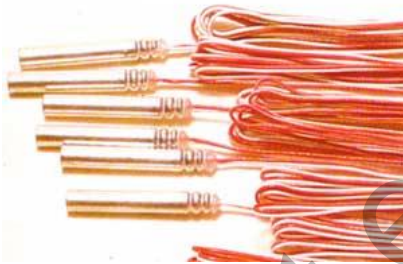
Kekuatan ledak (strength) detonator ditentukan oleh jumlah isian dasarnya. Jenis-jenis detonator :

- a. Detonator biasa (plain detonator)



Gambar Detonator Biasa

- b. Detonator listrik (electric detonator)



Gambar Detonator Listrik

- c. Detonator nonel (nonel detonator)



Gambar Detonator Nonel

- d. Detonator elektronik (electronic detonator)



Gambar Detonator Elektronik

2. Sumbu peledakan



Yang dimaksud dengan sumbu peledakan disini adalah sumbu api dan sumbu ledak. Sumbu api adalah sumbu yang disambung ke detonator biasa pada peledakan dengan menggunakan detonator biasa. Dapat dikatakan bahwa sumbu api merupakan pasangan detonator biasa, karena detonator biasa tidak dapat digunakan tanpa sumbu. Fungsi sumbu api adalah untuk merambatkan api dengan kecepatan tetap pada detonator biasa. Sedangkan sumbu ledak adalah sumbu yng pada bagian intinya terdapat bahan peledak PETN. Fungsi sumbu ledak adalah untuk merangkai suatu sistem peledakan tanpa menggunakan detonator didalam lubang ledak. Sumbu ledak mempunyai sifat tidak sensitive terhadap gesekan, benturan, arus liar, dan listrik statis.

Peralatan Peledakan

Peralatan peledakan adalah perangkat pembantu peledakan yang nantinya dapat dipakai berulang kali. Peralatan peledakan dapat dikelompokan menjadi :

1. Peralatan yang langsung berhubungan dengan teknik peledakan
 - a. Alat Pemicu ledak

- Pada peledakan listrik (Blasting Machine)



Gambar Blasting Machine

- Pada peledakan nonel (shot gun / short fire)
- b. Alat Bantu ledak listrik
- Blasting Ohmmeter (BOM)



Gambar Blasting Ohmmeter



- Pengukur kebocoran arus listrik
 - Multimeter peledakan
 - Pengukur kekuatan blasting machine
 - Pelacak kilat (lightning detector)
- c. Alat Bantu peledakan lain
- Kabel listrik utama (lead wire) atau sumbu nonel utama (lead in line)
 - Cramper (penjepit sambungan sumbu api dengan detonator biasa)
 - Meteran (50 ml) dan tongkat bambu (± 7 m) diberi skala

- d. Alat pencampur dan pengisi



Gambar Anfo Loader



Gambar Mobil MMU

2. Peralatan pendukung peledakan antara lain :

- Alat pendukung utama, berhubungan dengan aspek keselamatan dan keamanan kerja, serta lingkungan, misalnya alat mengangkat dan alat pengaman
- Alat pendukung tambahan terfokus pada penelitian peledakan yang tidak selalu dipakai pada peledakan rutin, misalnya alat pengukur kecepatan detonasi, pengukur getaran dan pengukur kebisingan.

Terdapat perbedaan antara teknik peledakan pada sistem penambangan terbuka dengan sistem penambangan bawah tanah, perbedaan itu disebabkan oleh beberapa faktor seperti luas area, volume hasil ledakan, suplai udara segar, dan keselamatan kerja.



a. Pola Pemboran

Faktor	Tambang bawah tanah	Tambang terbuka
Luas area	Terbatas, sesuai dimensi bukaan 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 luas permukaan bukaan, diameter mata bor dan kedalaman pengeboran	Lebih besar bisa mencapai ratusan ribu meter kubik per peledakan, sehingga dapat direncanakan target yang besar
Suplai udara segar	Tergantung pada system ventilasi yang baik	Tidak bermasalah karena dilakukan pada udara terbuka
Keselamatan kerja	Kritis, diakibatkan oleh ruang yang terbatas, guguran batu dari atap, tempat penyelamatan diri terbatas	Relative lebih aman karena seluruh pekerjaan dilakukan pada area terbuka

TABEL PENYEBAB YANG MEMBEDAKAN POLA PENGEBORAN DI TAMBANG TERBUKA DAN BAWAH TANAH

- Pola pengeboran pada tambang terbuka

Terdapat tiga pola pengeboran yang ada pada tambang terbuka, yaitu :

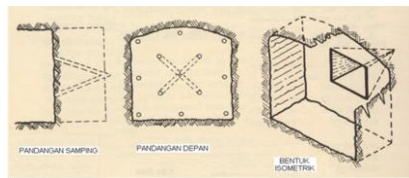
1. Pola bujur sangkar (square pattern), yaitu jarak burden dan spasi sama
2. Pola persegi panjang (rectangular system), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding burden
3. Pola zig-zag (staggered pattern), yaitu antara lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujur sangkar maupun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

- Pola pengeboran pada bukaan bawah tanah

Pada pengeboran bukaan bawah tanah umumnya hanya terdapat satu bidang bebas, yaitu pemuka kerja atau face. Untuk itu, perlu dibuat tambahan bidang bebas yang disebut cut.

Secara umum terdapat empat tipe cut yaitu :

1. Center cut disebut juga pyramid atau diamond cut, empat atau enam lubang dengan diameter yang sama dibor kearah satu titik sehingga membentuk pyramid.

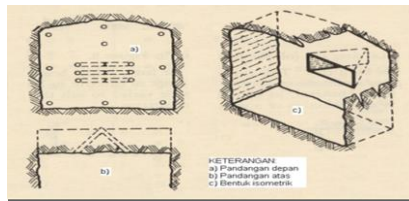


Gambar Center Cut

2. Wedge cut atau V- cut, angled cut atau cut berbentuk baji, setiap pasang dari empat atau enam lubang dengan diameter yang sama dibor kearah satu titik, tetapi lubang bor antar

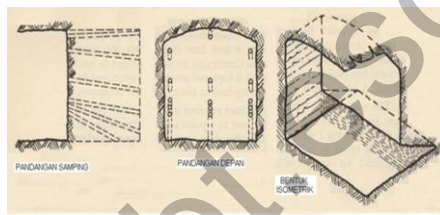


pasangan sejajar, sehingga terbentuk baji. Cara ini lebih mudah dari pyramid cut tetapi kurang efektif untuk batuan yang keras.



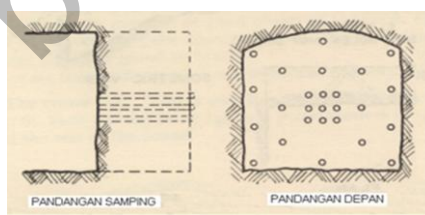
Gambar Wedge Cut

3. Drag cut atau pola kipas, bentuknya mirip dengan baji perbedaannya terletak pada posisi bajinya tidak ditengah-tengah bukaan, tetapi terletak pada bagian lantai atau dinding bukaan. Cara membuat dengan cara lubang bor dibuat miring untuk membentuk rongga di lantai atau di dinding. Cara ini efektif pada batuan berlapis dan tidak keras dan pula berperan sebagai controlled blasting.



Gambar Drag Cut

4. Burn cut disebut juga cylinder cut, pola ini sangat cocok untuk batu yang keras dan regas seperti batu pasir (sandstone) atau batuan beku dan tidak cocok untuk struktur berlapis.



Gambar Burn Cut

Referensi :

Hustrulid, Wiliam. 1999. "Blasting Principles for Open Pit Mining Vol 1". Rotterdam/Brookfield

Jimeno.1995. "Drilling and Blasting Of Rocks". Rotterdam/Bookfield

Konya, C.J. 1995. "Blast Design". Precision Blasting Services. Montvile. Ohio