

# **BAB I**

## **KRITERIA PENGGALIAN**

### **1.1. Pendahuluan**

Dalam suatu operasi penggalian batuan, metode penggalian bertujuan untuk mengetahui suatu batuan itu apakah harus dengan pemboran dan peledakan atau cukup dengan alat mekanis.

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

Di dalam kriteria penggalian terdapat beberapa kriteria yaitu :

#### **A. Kriteria Penggalian Menurut RMR.**

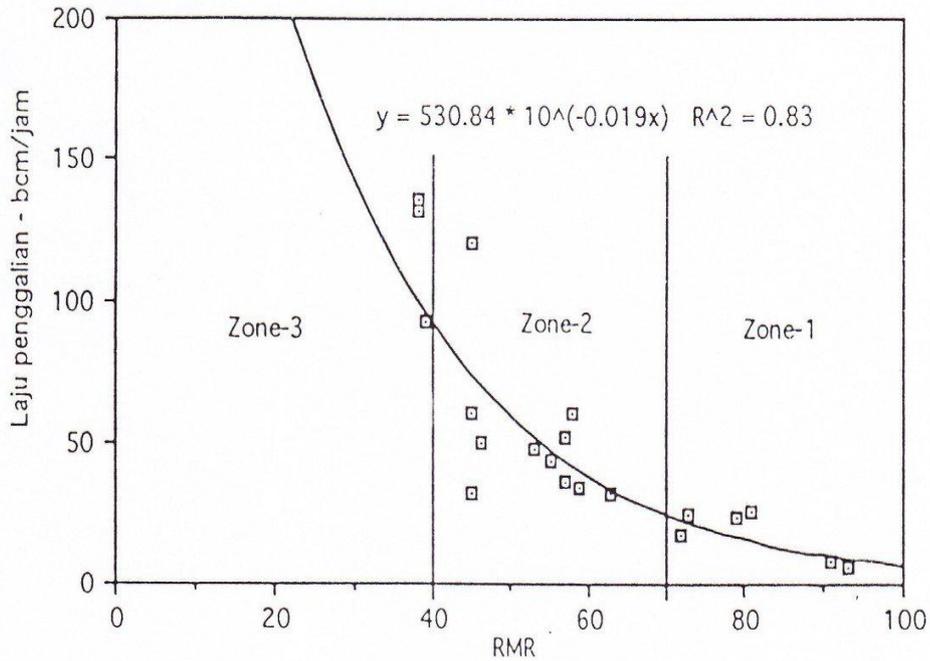
Kemampuan untuk menaksir kemampugalian suatu massa batuan sangatlah penting, apalagi bila akan menggunakan alat gali mekanis kontinu. Fowell & Johnson (1982) menunjukkan hubungan yang erat antara kinerja (produksi) *Road Header* kelas berat (>50 ton) dengan RMR (lihat Gambar 1.2.1). Selanjutnya pada tahun 1991 mereka melaporkan bahwa hubungan tersebut di atas dapat dibagi menjadi 3 zona penggalian :

Zone kerja 1 : Kinerja penggalian sangat ditentukan oleh sifat-sifat batuan utuh.

Zone kerja 2 : Keberhasilan kerja penggalian dibantu oleh kehadiran struktur massa batuan. Pengaruh sifat-sifat batuan utuh menurun dengan memburuknya kualitas massa batuan.

Zone kerja 3 : Kinerja penggalian semata-mata dipengaruhi oleh struktur massa batuan.

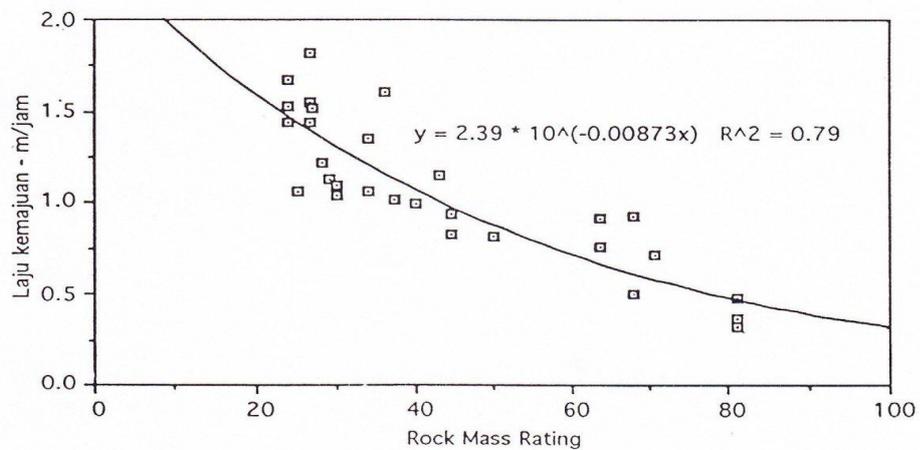
Nilai-nilai UCS, Energi Spesifik, Koefisien Abrasivity secara keseluruhan menyimpulkan bahwa batuan utuh tersebut tidak dapat digali dengan baik oleh roadheader. Namun seperti dilaporkan oleh Fowell & Johnson (1991) bahwa pada kenyataannya massa batuan itu dapat digali dengan cara hanya menggoyang bongkah-bongkah batuan dari induknya dan akhirnya jatuh bebas.



Gambar 1.2.1

Hubungan Antara RMR dan Laju Penggalan Roadheader Kelas > 50 MPa  
(Fowell & Johnson, 1982 & 1991)

RMR juga pernah dipakai untuk mengevaluasi kinerja roadheader Dosco SL-120 (Sandbak 1985, lihat Gambar 1.2.2). Penelitian ini dilaksanakan pada bijih tembaga Kalamazoo & San Manuel, Arizona.



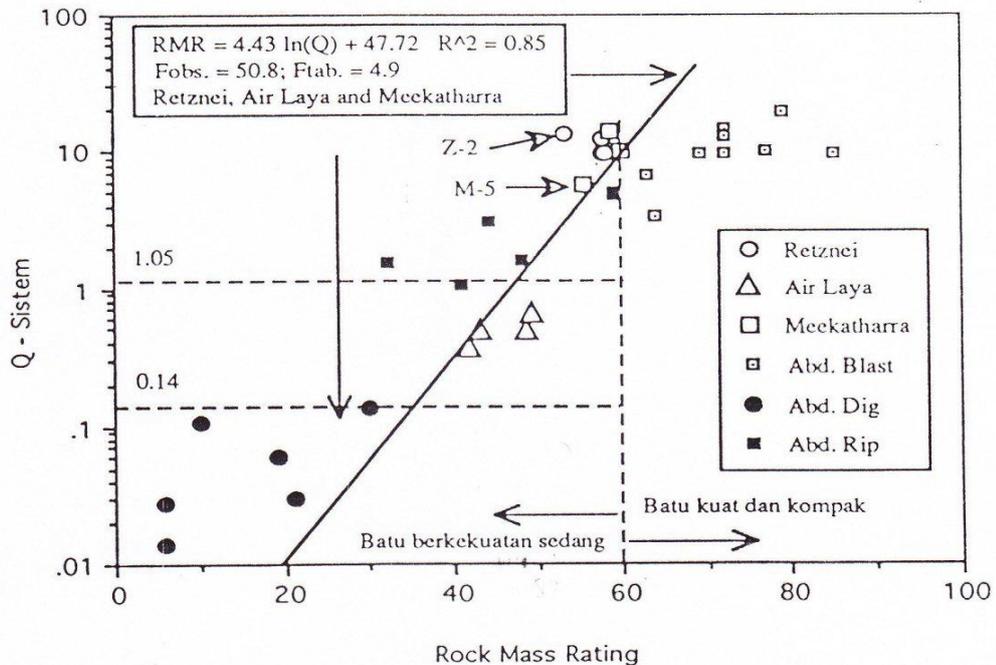
Gambar 1.2.2

Hubungan Laju Penggalan Roadheader Vs RMR (Sandbak, 1985)

## B. Kriteria Penggalian Menurut RMR & Q-sistem.

Hubungan antara RMR dan Q-Sistem untuk berbagai kondisi penggalian dapat dilihat pada Gambar 1.2.3. Jelas tampak bahwa hubungan antara RMR & Q-sistem adalah linier. Titik-titik yang menunjukkan harga RMR & Q-sistem yang tinggi mencerminkan kondisi material keras yang penggaliannya perlu peledakan. Sedangkan kehadiran alat gali, seperti *Surface Miner*, yang menggunakan mekanisme potong rupanya dapat menggantikan operasi peledakan.

Dalam upaya melengkapi informasi Gambar 3, data asli hasil penelitian Abdullatif & Cruden (1983) dimasukkan dan data penggunaan *surface miner* disuplai oleh Kramadibrata (1992- Potong).

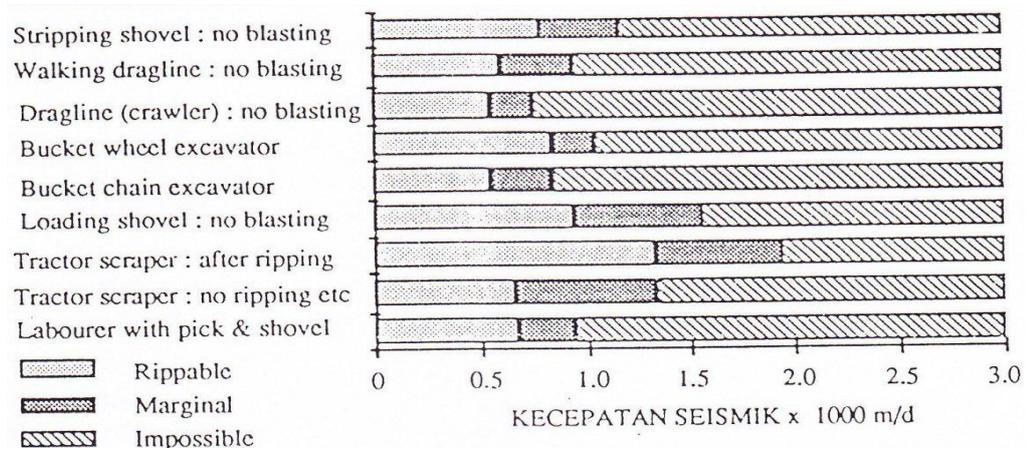


Gambar 1.2.3

Klasifikasi metode penggalian menurut RMR dan Q-Sistem

## C. Kriteria Penggalian Menurut Kecepatan Seismik.

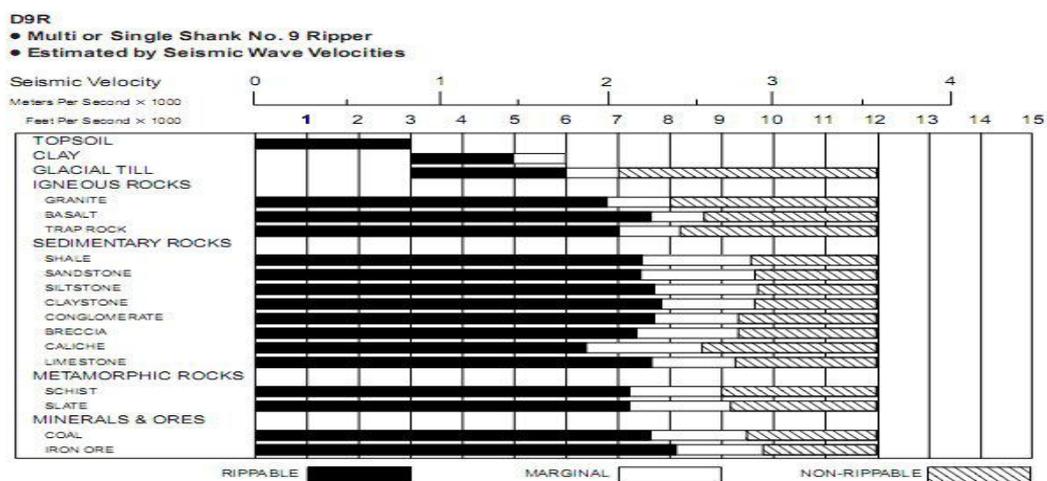
Seperti sudah disebutkan bahwa kecepatan seismik sudah banyak dipakai untuk menduga kemampuan suatu massa batuan. Berbagai kemungkinan cara penggalian untuk berbagai macam massa batuan menurut kecepatan seismik diberikan oleh Atkinson (1971, lihat Gambar 1.2.4). Penggalian disini meliputi dari cara manual hingga mekanis penuh.



Gambar 1.2.4

Metoda Kecepatan Seismik Untuk Penentuan Macam Penggalian (Atkinson, 1971)

Selain Atkinson, pendekatan lain yang dapat dilakukan untuk kriteria penggaruan juga banyak dikeluarkan oleh industri alat berat. Misalnya dalam *Caterpillar Performance Handbook* (2006), memberikan grafik hubungan kecepatan seismik terhadap kemampuan dari berbagai peralatan berat seperti CAT tipe D8R (305 HP), D9R (405 HP), D10R (570 HP) dan D11R (850 HP). Sebagai contoh jika akan menggunakan peralatan D9R, maka kriteria penggaruan yang dapat dilakukan adalah seperti terlihat pada gambar 1.2.5.



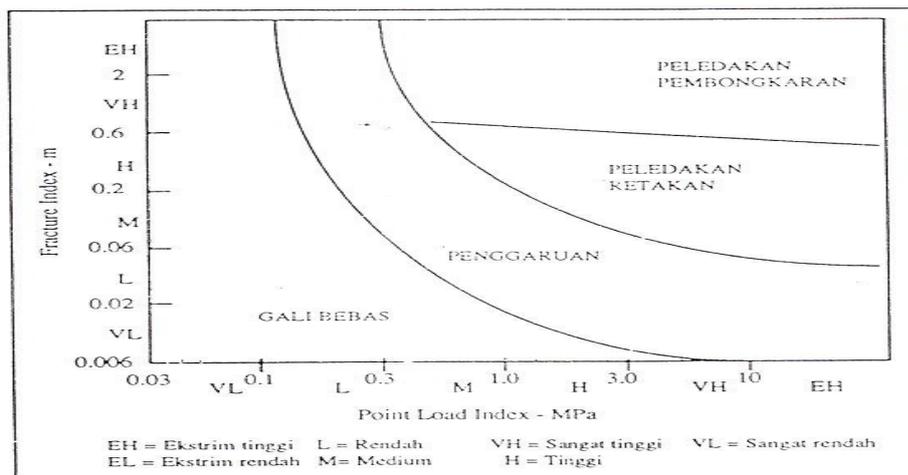
Gambar 1.2.5

Kriteria Penggaruan dengan D9R

#### D. Kriteria Penggalian Menurut Indeks Kekuatan Batu.

Franklin dkk (1971) mengusulkan klasifikasi massa batuan menurut dua parameter, yaitu *Fracture Index* dan *Point Load Index (PLI)*. *Fracture Index* dipakai sebagai ukuran karakteristik diskontinuiti dan didefinisikan sebagai jarak rata-rata fraktur dalam sepanjang bor inti atau masa batuan, dimana  $I_f$  dan  $I_s$  masing-masing menyatakan *fracture index* dan PLI.

Diagram klasifikasi dibagi kedalam tiga zona umum yaitu penggalian bebas (free digging), penggaruan (ripping) dan peledakan (blasting). Massa batuan yang terkekarkan dan lemah masuk kedalam kategori bagian bawah kiri diagram, sedangkan massa batuan massif dan kuat di plot dibagian atas kanan. Yang pertama tentunya sangat mudah untuk digali dan yang terakhir sangat sulit digali dengan alat mekanis.



Gambar 1.2.6

Kriteria Indeks Kekuatan Batu (Franklin, dkk., 1971)

Pettifer & Fookes di UK (1994) mencoba untuk melakukan modifikasi terhadap kriteria penggaruan sebelumnya seperti ditunjukkan gambar 1.2.7, jika menggunakan peralatan CAT 245 BH. Kriteria ini sejenis dengan kriterianya franklin. Selanjutnya, mereka menduga bahwa jarak kekar rata-rata dengan kuat tekan batu merupakan parameter penting dalam menilai kemampuan penggaruan, yang percontohan batuan dapat diperoleh dari singkapan atau bor inti. Grafik ini bukanlah petunjuk mutlak yang

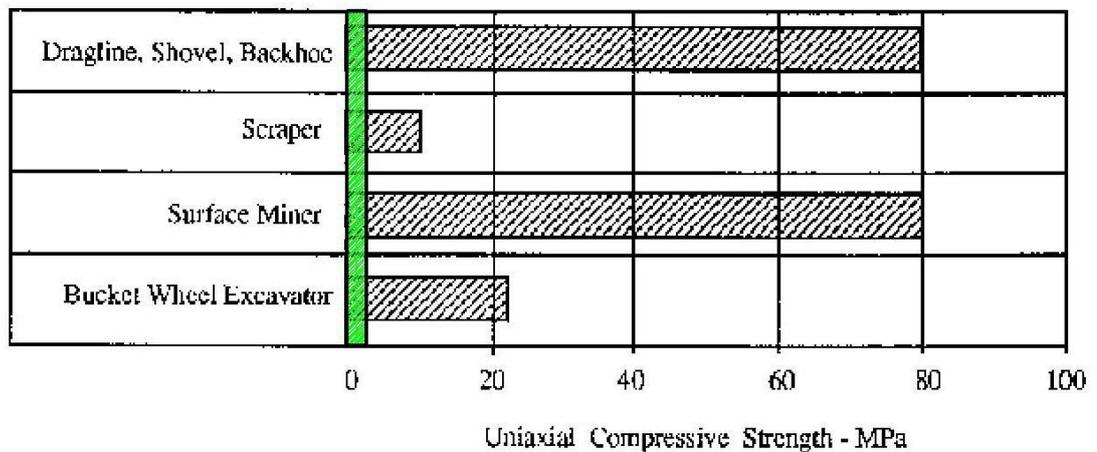
mampu memberikan jawaban sebenarnya, karena biaya dan faktor lainnya juga ikut menentukan kemampugaruan suatu massa batuan oleh sebuah bulldozer.

E. Kriteria Dengan Menggunakan Kuat Tekan Uniaksial (UCS).

Kolleth (1990) telah membuat suatu pendekatan untuk menganalisis suatu batuan dapat digali dengan menggunakan peralatan tertentu berdasarkan pada nilai UCS. Terdapat empat macam kelompok peralatan yang telah diamati, yaitu :

- Dragline, shovel dan backhoe
- Scraper
- Surface miner
- Bucket Wheel Excavator

Grafik untuk menentukan kriteria penggaliannya dapat dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.2.7

Kriteria Penggalian Menurut Kolleth (1990)

### 1.3. Diskripsi

#### A. Hasil Praktikum.

Tabel 1.3.1 Hasil Pengamatan Ultrasonic Velocity Sample Batuan

Batuan Sample	Panjang (Cm)	Pengamatan					Rata – Rata (m/s)	RQD (%)	Spasi Kekar (Cm)
		1 (m/s)	2 (m/s)	3 (m/s)	4 (m/s)	5 (m/s)			
Mud Stone	12,335	993	1006	1004	1004	1001	1001,8	80	13,81
Andesit	7,535	5000	5000	5000	5000	5031	5006,2	95	39,21
Batubara	11,6325	1901	1904	1904	1904	1901	1902,8	90	23,17

Tabel 1.3.2. Hasil Percobaan Point Load

Batuan Sampel	D	h	Point Load
Mudstone	6,15 cm	12,335 cm	0,25 KN
Andesit	3,55 cm	7,535 cm	8 KN
Batubara	6,00 cm	11,6325 cm	0,8 KN

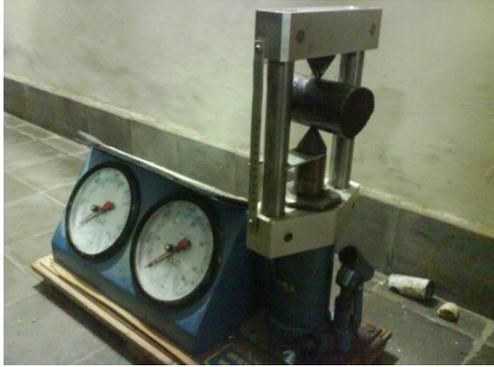
#### B. Alat Praktikum



Gambar 1.3.1  
Pelumas



Gambar 1.3.2  
Ultrasonic velocity apparatus



Gambar 1.3.3  
Point load test



Gambar 1.3.4  
Sample batuan

#### 1.4. Pembahasan

Penggalian merupakan suatu tahapan dari penambangan yang bertujuan untuk menguraikan atau membongkar lapisan penutup untuk mendapatkan bahan galian yang diinginkan. Selain itu juga penggalian bertujuan untuk mendekteksi kekuatan suatu batuan sehingga kita dapat menentukan metode penggalian itu, apakah dapat dilakukan secara mekanis atau peledakan.

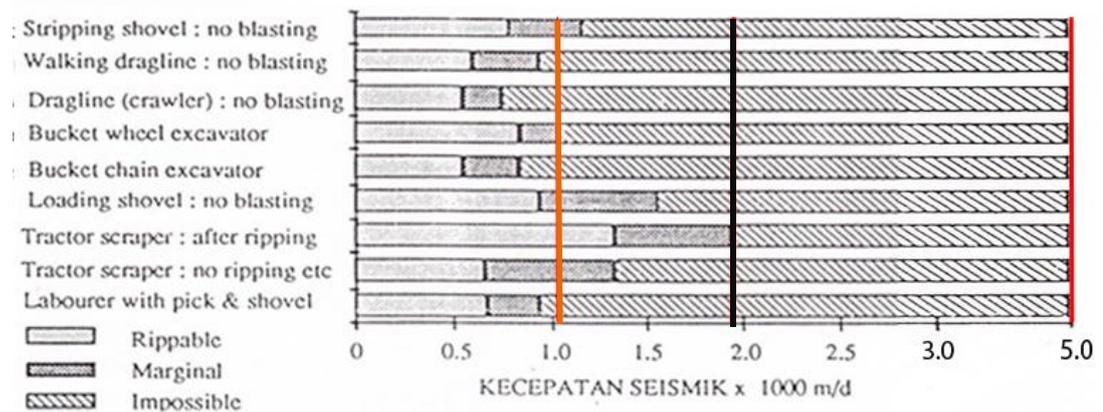
Alat dan bahan yang digunakan dalam kriteria penggalian adalah sbb:

1. Point load apparatus
2. Ultrasonik velocity apparatus
3. Jangka sorong
4. Sampel batuan

Dari praktikum acara I kami mendapatkan informasi bahwa pada kriteria penggalian terdiri dari :

1. kriteria penggalian menurut kecepatan seismic
2. kriteria penggalian menurut indeks kekuatan batu
3. kriteria penggalian menggunakan kuat tekan uniaksial (UCS)

Analisa grafik untuk penentuan macam penggalian dengan metode kecepatan seismik



Keterangan :

- = Mudstone
- = Andesit
- = Batubara

Kesimpulan grafik:

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa :

A. Mudstone

- Rippable : Tractor Scraper after ripping
- Marginal : Striping Shovel, Loading Shovel, Tractor Scraper no Ripping  
Bucket Wheel Excavator
- Impossible : Labourer with pick and shovel, Bucket Chain Excavator,  
walking dragline, Dragline,

B. Batubara

- Rippable : -
- Marginal : Tractor Scraper after ripping
- Impossible : Labourer with pick and shovel, Bucket Chain Excavator,  
walking dragline, Dragline, Striping Shovel, Loading Shovel,  
Tractor Scraper no Ripping, Bucket Wheel Excavator

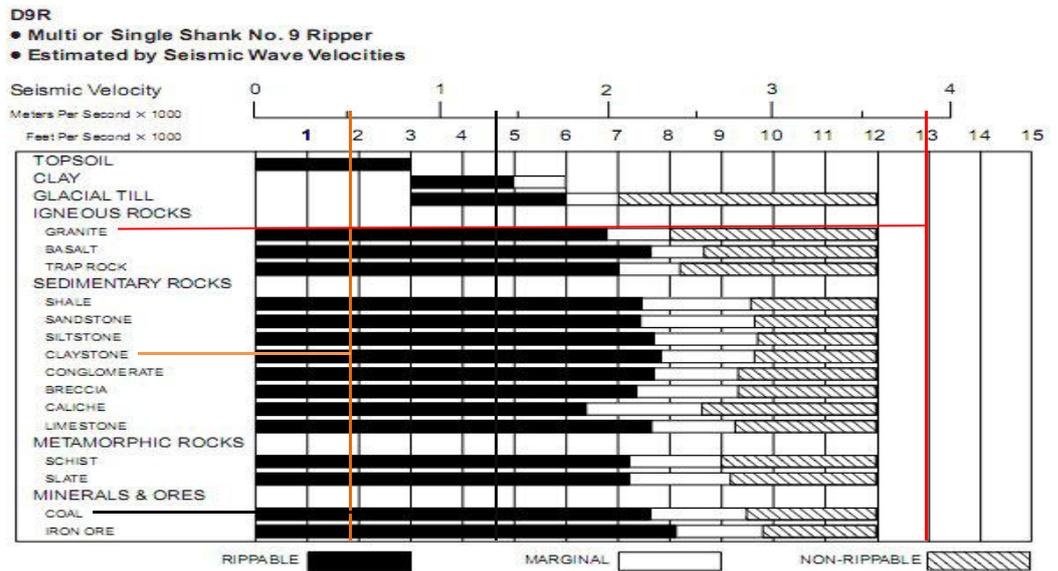
C. Andesit

Rippable :-

Marginal :-

Impossible : Labourer with pick and shovel, Bucket Chain Excavator, walking dragline, Dragline, Striping Shovel, Loading Shovel, Tractor Scraper no Ripping, Bucket Wheel Excavator, Tractor Scraper after ripping

Analisa grafik kriteria penggaruan dengan menggunakan D9R



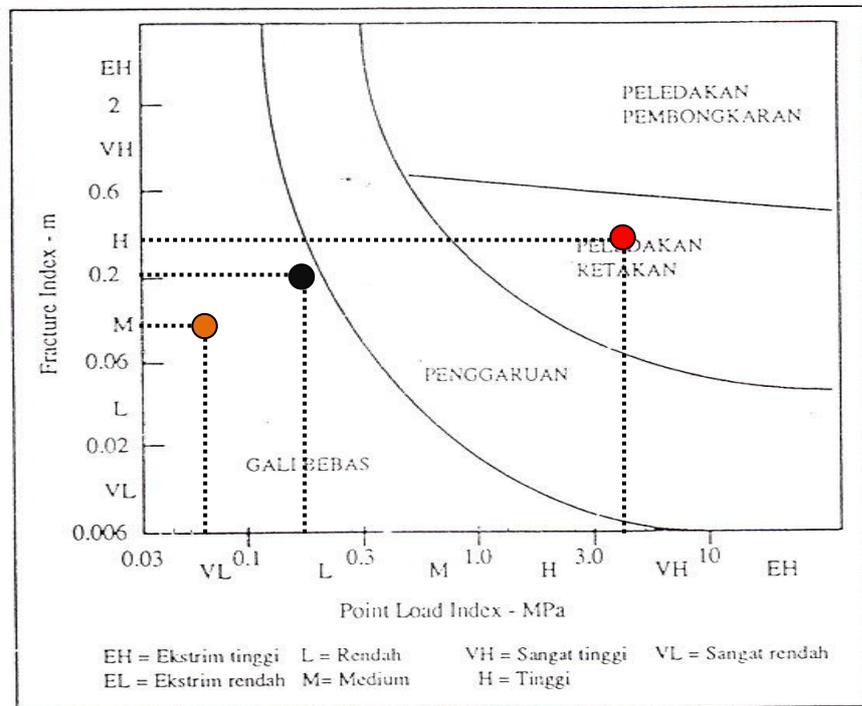
Keterangan :

— = Mudstone

— = Andesit

— = Batubara

Analisa grafik kriteria pengalihan dengan menggunakan indeks kekuatan batuan

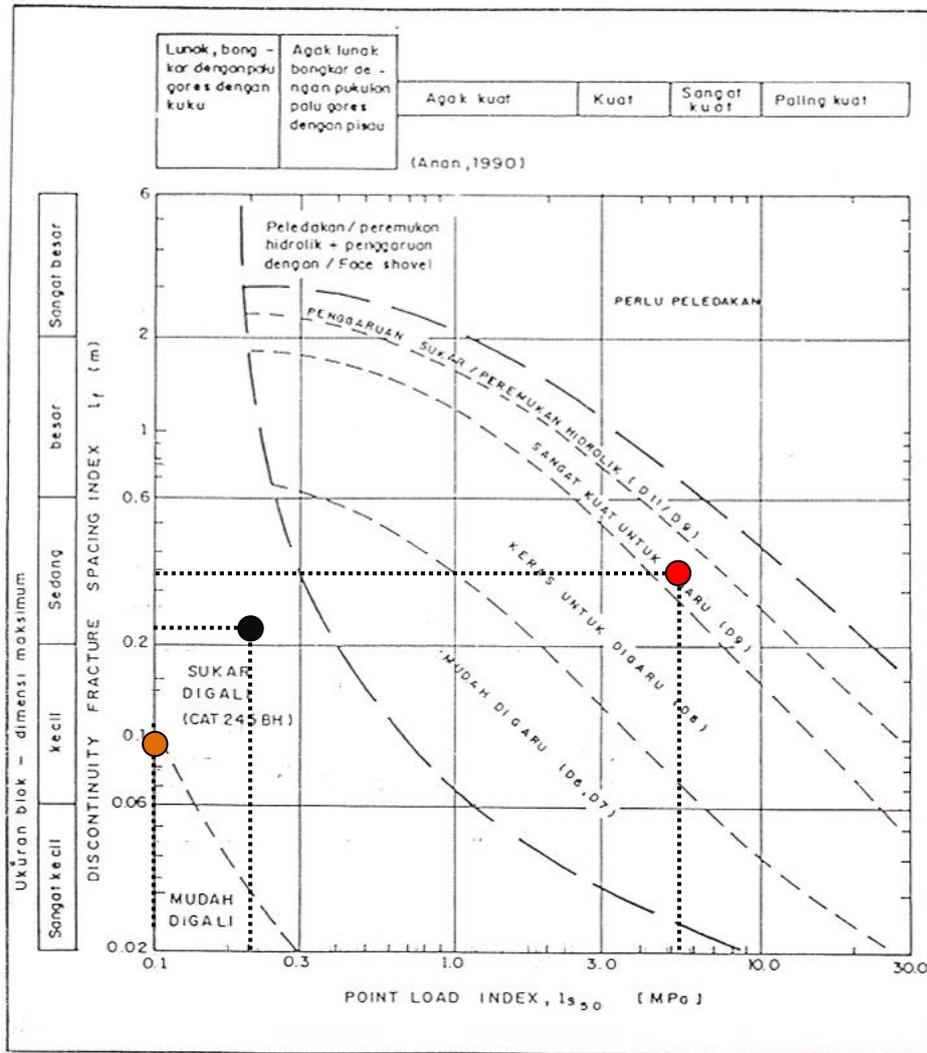


Keterangan :

- = Mudstone
- = Andesit
- = Batubara

- A. Mudstone : Bisa digali bebas.
- B. Andesit : Bisa menggunakan peledakan retakan.
- C. Batubara : Bisa digali bebas.

Analisa grafik kriteria kemampugaruan (pettifer & Fookes,1994)

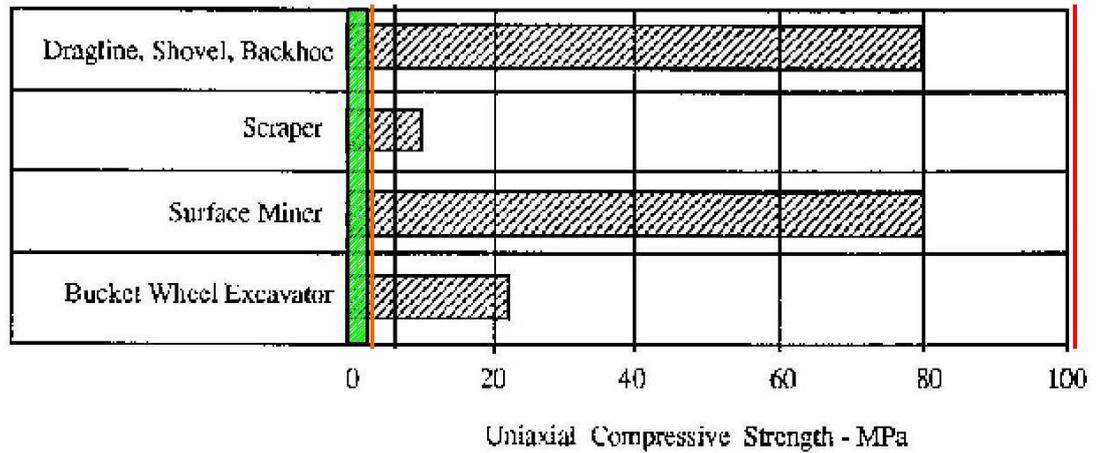


Keterangan :

- = Mudstone
- = Andesit
- = Batubara

- A. Mudstone : Mudah digali bebas.
- B. Andesit : Sangat kuat untuk digaru D9.
- C. Batubara : Sukar digali dengan menggunakan Caterpillar 245 BH.

Analisa grafik kriteria penggalian menurut kolleth (1990)



Keterangan :

— = Mudstone

— = Andesit

— = Batubara

- A. Mudstone : Dragline, Shovel, Backhoe, Scraper, Surface Miner, Bucket Whell Excavator.
- B. Batubara : Dragline, Shovel, Backhoe, Scraper, Surface Miner, Bucket Whell Excavator.
- C. Andesit : Pembongkaran dengan menggunakan proses peledakan

## 1.5 Kesimpulan

1. Penggalian merupakan suatu tahapan dari penambangan yang bertujuan untuk menguraikan atau membongkar lapisan penutup untuk mendapatkan bahan galian yang diinginkan. Selain itu juga penggalian bertujuan untuk mendekteksi kekuatan suatu batuan sehingga kita dapat menentukan metode penggalian itu, apakah dapat dilakukan secara mekanis atau peledakan.
2. kriteria penggalian yang digunakan :
  1. kriteria penggalian menurut RMR
  2. kriteria penggalian menurut RMR & Q-System
  3. kriteria penggalian menurut kecepatan seismic
  4. kriteria penggalian menurut indeks kekuatan batu
  5. kriteria penggalian menggunakan kuat tekan uniaksial (UCS)
3. Rumus yang digunakan dalam perhitungan :
  - ❖ Untuk mendapatkan Rock Quality Designation :
$$RQD = 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda+1)$$
  - ❖ Untuk mendapatkan spasi kekar :
$$\text{Spasi kekar} = \frac{100}{(\lambda-1)}$$
  - ❖ Untuk mendapatkan kuat tekan uniaksial ( UCS)
$$UCS = IS \cdot 23$$
  - ❖ Untuk mendapatkan indeks point load test ( IS)
$$IS = F \cdot \frac{P}{(D^2)}$$
$$F = \left( \frac{D}{50} \right)^{0,45}$$

## BAB II

### ALAT BOR DAN KOMPRESOR

#### 2.1. Pendahuluan

Dalam suatu operasi peledakan batuan, kegiatan pemboran merupakan pekerjaan yang pertama kali dilakukan dengan tujuan untuk membuat sejumlah lubang ledak dengan geometrid an pola yang sudah tertentu pada massa batuan, yang selanjutnya akan diisi dengan sejumlah bahan peledak untuk diledakan.

Kompresor merupakan komponen penting dari operasi pemboran yang berfungsi untuk mengalirkan udara bertekanan tinggi yang akan menggerakkan alat bor. Proses penekanan udara pada kompresor ada dua macam yaitu kompresi adiabatic dan kompresi isothermis. Kompresi adiabatic yaitu proses kompresi yang terjadi pada tekanan dan temperature berubah. Sedangkan kompresi Isothermis yaitu proses kompresi yang terjadi pada temperature tetap dan tekanan berubah.

#### 2.2. Latar Belakang Teori

##### A. Prinsip Pemboran.

Hampir dalam semua bentuk penambangan, batuan diberai dengan pemboran dan peledakan. Selain di kuari *dimension stone*, pemboran dan peledakan juga dibutuhkan di sebagian besar tambang terbuka. Hanya jika batuan sangat lemah, hancur atau terlapukkan, batuan dapat diberai tanpa menggunakan bahan peledak. Pemberaian batuan ini dapat dilakukan dengan memakai alat gali mekanis (*ripper, wheel excavator, shovel*, dll) atau kadang-kadang alat-alat baru, misalnya *hydraulic jet*. Pada kegiatan penambangan, kinerja pemboran untuk menyediakan tempat bagi bahan peledak disebut pemboran produksi (*production drilling*). Selain untuk penyediaan lubang tembak, pemboran juga digunakan selama eksplorasi untuk mendapatkan contoh dari lubang bor dan selama masa persiapan tambang (*development*) untuk penirisan, kestabilan lereng, dan test pondasi. Hanya dalam fase produksi pada tambang terbuka, metode pemboran yang dipakai merupakan suatu hal yang unik dan khusus.

## B. Klasifikasi Metode Pemboran.

Suatu klasifikasi metode pemboran dapat dibuat dengan beberapa kriteria. Kriteria tersebut diantaranya meliputi ukuran lubang bor, cara *mounting*, dan tipe tenaga yang digunakan. Klasifikasi metode pemboran yang paling mudah dipahami adalah didasarkan pada bentuk pengrusakan batuan (*rock attack*) atau cara pemakaian energi pada saat penetrasi. Pada pemboran hanya ada satu kategori klasifikasi yang umum, yaitu *rock penetration* yang berperan besar dalam semua metode untuk menghasilkan lubang berarah pada batuan. Pemboran (*drilling*) lebih cocok digunakan untuk sistem perusakan mekanik (*mechanical attack*). Klasifikasi yang dianjurkan adalah klasifikasi yang umum dipakai untuk semua jenis penambangan dan mencakup semua bentuk *rock penetration*. Dengan demikian mesin yang digunakan untuk pemotongan (*cutting*) seperti pemboran juga terliputi. Klasifikasi ini menyebabkan beberapa kemiripan pada metode penggalian/pembaraian batuan (seperti peledakan dan teknik pembaraian lainnya), karena prinsipnya identik, dan pembaraian batuan adalah tujuannya. Klasifikasi metode penetrasi batuan berdasarkan pengrusakan batuan (*rock attack*), dapat dilihat pada Tabel 2.1. Dalam pemboran sistem mekanik terdapat beberapa sub sistem yang masing-masing mempunyai kontribusi pada metode perpindahan energinya. Metode perpindahan energi dalam pemboran mekanik ada tiga metode, yaitu *perkusif*, *rotary* dan *rotary-perkusif*.

Di dalam kegiatan pemboran terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pemboran yaitu sifat batuan yang dibor, *rock drillability*, geometri pemboran, umur dan kondisi mesin bor serta keterampilan operator mesin bor.

### 1. Sifat batuan

Sifat batuan berpengaruh pada penetrasi dan sebagai konsekuensi pada pemilihan pada pemilihan metode pemboran, yaitu :

#### a. Kekerasan

Kekerasan adalah tahanan dari suatu bidang permukaan halus terhadap abrasi, kekerasan dipakai untuk mengukur sifat-sifat teknis dari material batuan dan dapat juga dipakai untuk menyatakan kerusakan pada batuan. Kekerasan batuan merupakan suatu fungsi dari kekerasan, komposisi butiran mineral, porositas, dan

derjata kejenuhan serta merupakan hal utama yang harus diketahui, karena setelah mata bor menetrasi batuan, maka akan menentukan tingkat kemudahan pemborannya.

b.Kekuatan (*strength*)

Kekuatan mekanik suatu batuan adalah suatu sifat dari kekuatan terhadap gaya luar, baik itu kekuatan static maupun dinamik. Pada prinsipnya kekuatan batuan tergantung pada komposisi mineralnya. Diantara mineral-mineral yang terkandung di dalam batuan, kwarsa adalah terkompakdengan kuat tekan mencapai lebih dari 500 Mpa, sehingga semakin tinggi kandungan kwarsa, akan memberikan kekuatan semakin meningkat.

Tabel 2.2.1  
Kekerasan batuan dan kekuatan batuan

Klasifikasi	Skala Mohs	Kuat tekan batuan (MPa)
Sangat keras	+7	+200
Keras	6-7	120-200
Kekerasan sedang	4,5-6	60-120
Cukup lunak	3-4,5	30-60
Lunak	2-3	10-30
Sangat lunak	1-2	-10

c.Elastisitas

Sifat elastisitas batuan dinyatakan dengan modulus elastisitas atau modulus Young (  $E$  ), dan nisbah Poisson ( $\nu$ ). Modulus elastisitas merupakan faktor kesebandingan antara tegangan normal dengan regangan relatifnya, sedangkan nisbah Poisson merupakan kesebandingan antara regangan lateral dengan regangan aksial. Modulus elastisitas sangat tergantung pada komposisi mineralnya, porositas, jenis perpindahan dan besarnya beban yang ditarpkan. Nilai modulus elastisitas untuk batuan sedimen sangat rendah, hal ini disebabkan komposisi mineral teksturnya, seperti modulus elastisitas pada arah sejajar bidang perlapisan selalu lebih besar dibandingkan dengan arah pada tegak lurus.

#### d. Plastisitas

Plastisitas batuan merupakan perilaku batuan yang menyebabkan deformasi tetap setelah tegangan dikembalikan ke kondisi awal, dimana batuan tersebut belum hancur. Sifat plastik tergantung pada komposisi mineral penyusun batuan dan dipengaruhi oleh adanya penambahan kwarsa, feldspar dan mineral lain. Lempung lembab dan beberapa batuan homogen mempunyai sifat plastis.

Tabel 2.2.2  
Sifat fisik dan mekanik dari batuan sedimen

Batuan sedimen	Modulus elastisitas $10^4 \times$ (MPa)	Nisbah poisson	Porositas
Dolomite	1,96-8,24	0,08-0,2	0,27-4,10
Limestone	0,98-7,85	0,1-0,2	0,27-4,10
Sandstone	0,49-8,83	0,066-0,125	1,62-26,40
Shale	0,8-3,0	0,11-0,54	20,00-50,00

#### e. Abrasivitas

Abrasivitas adalah sifat batuan untuk menggores permukaan material lain, ini merupakan suatu parameter yang mempengaruhi keausan (umur) mata bor dan batang bor. Kandungan kwarsa dari batuan biasanya dianggap sebagai petunjuk yang dapat dipercaya untuk mengukur keausan mata bor.

Faktor yang mempengaruhi abrasivitas batuan adalah ;

- Kekerasan butir batuan, batuan dengan keberadaan butiran kwarsa mempunyai tingkat abrasitas yang tinggi.
- Bentuk butir, bila bentuk butir tersebut tidak teratur lebih abrasiv dibandingkan dengan yang berbentuk bulat.
- Ukuran butir
- Porositas batuan
- Ketidaksamaan, batuan polimineral sekalipun mempunyai kekerasan sama akan lebih abrasiv karena meninggalkan permukaan yang kasar.

#### f. Tekstur

Tekstur suatu batuan menunjukkan hubungan antara mineral-mineral penyusun batuan, sehingga dapat diklasifikasikan berdasarkan dari sifat-sifat porositas, ikatan antar butir, bobot isi dan ukuran butir. Tekstur juga mempengaruhi kecepatan pemboran. Jika butirannya mempunyai bentuk lembaran, seperti pada batuan schist, pemboran akan lebih sulit dibanding jika butirannya berbentuk bulat seperti batu pasir. Sedangkan batuan yang mempunyai bobot isi rendah, lebih porous, akan mempunyai tingkat pecah rendah sehingga akan lebih mudah jika dibor.

#### g. Struktur geologi

Struktur geologi seperti patahan, rekahan, kekar, bidang perlapisan berpengaruh pada penyesuaian kelurusan lubang ledak, aktifitas pemboran dan kemantapan lubang ledak. Adanya rekahan-rekahan dan rongga-rongga dalam batuan seperti di batugamping mempersulit kerja pemboran, karena batang bor dapat terjepit.

Tabel 2.2.3  
Kandungan kuarsa dari batuan

Tipe batuan	Kandungan kuarsa %	Tipe batuan	Kandungan kuarsa %
Amphibolite	0-5	Mica gneiss	0-30
Anorthosite	0	Mica schist	15-35
Diabase	0-5	Norite	0
Diorite	10-20	Pegmatite	15-30
Gabro	0	Phylite	10-25
Gneiss	15-50	Quartzite	60-100
Granite	20-35	Sandstone	25-90
Greywacke	10-25	Slate	10-35
Limestone	0-5	Shale	0-20
Marble	0	Taconite	1-10

#### h. Karakteristik Pecahan

Karakteristik pecahan (breaking Characteristics) dapat digambarkan seperti perilaku batuan ketika dipukul. Tiap-tiap tipe batuan mempunyai karakteristik pecah yang berbeda dan ini berhubungan dengan tekstur, komposisi mineral dan struktur.

## 2. Drilabilitas Batuan (*Rock Drillability*)

Drilabilitas batuan adalah bahan indikator mudah tidaknya mata bor melakukan penetrasi ke dalam batuan. Drilabilitas batuan merupakan fungsi dari sifat batuan seperti komposisi mineral, tekstur, ukuran butir dan tingkat pelapukan. Drilabilitas dari bermacam-macam batuan dapat diperoleh dengan mengalikan kecepatan pemboran dalam *Barre granite* (batu granit yang berasal dari Barre, Vermont USA) dengan faktor Drilabilitas (*drillability factor*). Kecepatan pemboran dalam *Barre granite* ditetapkan harga *drillability factor* 1,00. Rumus hubungan antara kecepatan putar pemboran dalam *Barre granite* dengan *rock drill output power* dan diameter sebagai berikut :

$$V = 31 P/d^{1.4} \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana :

V = Kecepatan pemboran dalam *Barre granite* (m/menit)

P = *Rock Drill output power* (KW)

d = Diameter lubang bor (mm)

## 3. Geometri pemboran

Geometri peledakan mencakup diameter, kedalaman dan kemiringan lubang tembak. Semakin besar diameter lubang berarti luas penampang lubang harus ditembus semakin besar sehingga faktor gesekan semakin besar.

Semakin dalam lubang bor maka gesekan anatar drilling string dengan dinding lubang semakin besar.

Bila suatu jenjang dibor dengan arah lubang ledak tegak lurus, maka pada ketinggian jenjang yang sama dengan arah lubang ledak miring, mempunyai kedalaman lubang ledak yang lebih kecil, sehingga waktu yang digunakan untuk melakukan pemboran juga menjadi lebih singkat.

## 4. Umur dan kondisi mesin bor

Umur dan kondisi mesin bor sangat berpengaruh, karena semakin lama umur pemakaian kemampuan alat semakin turun.

#### 5. Keterampilan Operator mesin bor

Keterampilan operator tergantung individu masing-masing yang dapat diperoleh dari latihan dan pengalaman kerja.

Sistem pemboran berdasarkan dengan tingkat ketetapan dibagi menjadi delapan macam yaitu :

1. Mekanik : perkusif, rotary, rotari-perkusif
2. Termal : pembakaran, plasma, cairan panas, pembekuan
3. Hidroulik : pancar (*jet*), erosi, kavitasi
4. Sonik : vibrasi frekuensi tinggi
5. Kimiawi : microblast, disolusi
6. Elektrik : elektrick arc, induksi magnetis
7. Seismik : sinar laser
8. Nuklir : fusi, fisi

Namun saat ini untuk penyediaan lubang ledak pada umumnya masih dilakukan dengan bor sistem mekanik karena pertimbangan teknis dan ekonomis. Salah satu sistem pemboran yaitu dengan sistem pemboran secara mekanik, dimana komponen utama dari suatu sistem pemboran secara mekanik adalah :

1. Sumber energi mekanik
2. Batang bor penerus (transmitter) energi tersebut
3. Mata bor sebagaiaplikator energi terhadap batuan
4. Peniupan udara (*Flushing*) sebagai pembersih dari serbuk pemboran (*Cuttings*) dan memindahkannya keluar lubang bor.

Berdasarkan prinsip kerjanya alat bor dibagi menjadi dua golongan yaitu:

#### 1. Manual driven

Prinsi kerja dari manual driven sangat sederhana karena hanya menggunakan tenaga manusia sebagai tenaga penggerak. Contoh : auger drill, bangsa bor, churn drill, bor mesin semprot ( BMS ).

#### 2. Mechanic driven

Prinsip kerja dari mechanical driven yaitu penggunaan mesin sebagai tenaga penggerak alat bor. Mechanic driven dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- Percussive drill : churn drill dan hammer drill
- Rotary drill : hydroulic drill, diamond drill, chiled shot drill, turbo drill dan jet pierce drill
- Rotary percussive drill : jack hammer

Dalam kegiatan penambangan terbuka untuk pengeboran alat yang digunakan adalah down the hole drill, Rotary driven, dan top hammer. Untuk kegiatan penambangan bawah tanah alat yang digunakan diantaranya : mekanik jumbo dan Hand held rock drill (terdiri atas : stopper, shinker, difter).

Cara kerja pemboran mata bor ada tiga jenis, tumbuk, putar, putar-tumbuk.

1. Metode pemboran perkusif (*percussive drill*)

Pada pemboran ini energi dari mesin bor (*rock drill*) diteruskan oleh batang bor dan mata bor untuk meremukan batuan. Komponen utama dari mesin bor ini ialah piston yang mendorong dan menarik tangkai (*shank*) batang bor. Energi kinetik piston diteruskan ke batang bor dalam bentuk gelombang kejut (*shock wave*) yang bergerak sepanjang batang bor dengan kecepatan  $\pm 5000$  m/detik (setara kecepatan suara pada baja).

Frekuensi impak normal untuk rockdrill ialah  $\pm 50$  tumbukan/detik, yang berarti jarak antara gelombang kejut adalah  $\pm 100$  m.

Pada metode perkusif, yang terjadi ialah proses peremukan (*Crushing*) peremukan batuan oleh mata bor.

2. Metode Rotari (*Rotary drill*)

Berdasarkan sistem penetrasinya, metode *rotary* terbagi menjadi 2 sistem yaitu *tricone* dan *drag bit*. Disebut *tricone* jika penetrasinya berupa gerusan (*crushing*) dan *drag bit* jika hasil penetrasinya berupa potongan. Sistem *tricone* digunakan untuk batuan sedang hingga lunak, untuk system *drag bit* digunakan untuk batuan lunak. Contoh alat bor dengan system ini adalah *hydroulic, rotary drill*, dll.

3. Metode Rotari Perkusif (*Rotary-Percussive drill*)

Pada pemboran rotary-perkusif, aksi penumbukan oleh mata bor dikombinasikan dengan aksi putaran, sehingga terjadi proses peremukan dan penggerusan permukaan batuan. Metode ini dapat digunakan pada bermacam-macam jenis batuan. Metode putar-tumbuk terbagi menjadi dua, yaitu :

a) *Top Hammer*

Metode pemboran Top hammer adalah metode pemboran yang terdiri dari 2 kegiatan dasar yaitu putaran dan tumbukan. Kegiatan ini diperoleh dari gerakan gigi dan piston, yang kemudian ditransformasikan melalui shank adaptor dan batang bor menuju mata bor. Berdasarkan jenis penggerak putaran dan tumbukannya, metode ini dibagi menjadi dua jenis yaitu : *Hydrolic Top Hammer* dan *Pneumatic Top Hammer*.

b) *Down the Hole Hammer ( DTH Hammer )*

Metode pemboran ini adalah metode pemboran tumbuk-putar yang sumber dasarnya menggunakan udara bertekanan. DTH Hammer dipasang dibelakang mata bor, di dalam lubang sehingga hanya sedikit energi tumbukan yang hilang akibat melewati batang bor dan sambungan-sambungannya. Contoh dari alat bor dengan menggunakan sistem tumbuk putar adalah *jack hammer*.

Suatu alat bor biasanya terdiri dari beberapa bagian-bagian penting diantaranya :

1. Mesin bor

Mesin bor adalah alat yang mengubah energi potensial ( yang berupa udara bertekanan dari kompresor ) menjadi energi mekanik penggerak piston dan drill rod.

2. Shank adaptors

Shank adaptor adalah bagian tangkai yang digunakan untuk mentransmisikan energi tumbukan dari piston ke batang bor, kemudian dilanjutkan ke mata bor.

3. Coupling

Coupling digunakan untuk menghubungkan batang bor yang satu dengan yang lainnya sampai kedalaman lubang bor yang diinginkan

4. Drill rod

Drill rod merupakan bagian yang menggerakkan bit ( mata bor ) atau sebagai tempat mata bor.

5. Bit ( mata bor )

Merupakan mata bor yang jenisnya tergantung dari tujuan pemboran. Mata bor ( bit ) ada dua macam yaitu :

i. *Datacable bit*

Disebut *deteacable bit* apabila bitnya bisa diganti-ganti tidak menyatu dengan drill rod. Pada jack hammer *deteacable bit* ini dikenal juga dengan soket.

ii. *Forget bit*

Disebut *deteacable* apabila menyatu dengan drill rod dan bitnya tidak bisa lepas. Pada jack hammer, *forget bit* ini dikenal juga dengan nama *chiel*.

C. Kompresor.

Udara bertekanan tinggi yang dihasilkan oleh kompresor merupakan sumber tenaga bagi alat bor, misal jack hammer dan crawl rock drill ( CRD ) dll. Disamping sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan rangkaian alat bor, udara bertekanan tinggi tersebut juga berfungsi untuk :

1. Membersihkan lubang bor yang mengangkat cutting.
2. Mendinginkan mata bor.

Klasifikasi kompresor berdasarkan cara kerjanya adalah :

1. Reuprocating Compressor ( single stage, multistage )
2. Rotary Compressor.
3. Centrifugal Compressor.

Kapasitas kompresor dinyatakan dalam Cubik Feed per Menit (CFM), yaitu udara bebas yang dihisap dan ditekan oleh kompresor merupakan udara pada kondisi tekanan udara bebas atau atmosfer ( 1 atm ), yang berada pada batas permukaan air laut. Proses penekanan udara tersebut ada 2 macam :

1. Kompresi Adiabatik  
Yaitu proses penekanan udara dimana tekanannya tetap.
2. Kompresi Isotermik

Yaitu proses penekanan udara dimana suhunya tetap.

Menurut tipenya kompresor dibagi menjadi 2 kelompok yang didasarkan pada tekanan yang dihasilkan yaitu :

- Perpindahan dinamik ( dynamic displacement ) dimana peningkatan tekanan dicapai dengan cara akselerasi udara dengan suatu elemen rotasi dan aksi posterior dari sebuah diffuser. Kompresor sentrifugal dan aksial masuk dalam kelompok ini.
- Perpindahan positif ( positif displacement ), jenis ini yang dipakai untuk mesin bor, dimana tekanan tinggi diperoleh dengan cara menekan gas dalam ruang tertutup, mengurangi volume dengan gerakan satu atau beberapa elemen. Kompresor rotari atau bolak-balik termasuk dalam kelompok ini. Jenis yang paling banyak dipakai untuk pemboran adalah kompresor piston (resiprokating), jika ia adalah stasioner, dan jenis sliding-vane atau rotary screw ( helical ) untuk model portable.

Perlengkapan kompresor yang paling penting dalam penggunaannya untuk pengeboran antara lain :

1. Saringan hampa (vacum filters )
2. Pemisah air ( water separator )
3. Penyimpan udara ( air receiver )
4. Lubrikator
5. Penguat tekanan ( pressure multiplier atau booster )
6. Slang fleksibel ( flexible hose )

Dalam pemilihan kompresor harus mempertimbangkan tekanan udara yang dibutuhkan alat bor, jika aliran udara bertekanan tidak mencakupi dapat berakibat:

1. Kecepatan pemboran
2. Biaya pemakaian mata bor dan batang bor meningkat
3. Konsumsi bahan bakar bertambah
4. Perlu merawat lebih banyak kompresor

Jadi untuk menentukan kapasitas dan jumlah kompresor yang diperlukan dalam suatu operasi pemboran harus mempertimbangkan hal-hal seperti berikut:

1. Jumlah dan ukuran mesin bor yang harus dilayani
2. Ketinggian tempat kerja (berpengaruh pada tekanan udara bebas)
3. Luas tempat kerja (berpengaruh pada panjang jaringan dan kehilangan tekanan).

## 2.3. Diskripsi

### 2.3.1 Diskripsi Mata Bor



Gambar 2.3.1.1  
Tricone



Gambar 2.3.1.2  
Diamond Bit



Gambar 2.3.1.3  
Drug Bit



Gambar 2.3.1.4  
Button Bit



Gambar 2.3.1.5  
X-Bit



Gambar 2.3.1.6  
Tangstone Bit



Gambar 2.3.1.7  
Chissel



Gambar 2.3.1.8  
Drill Rod

Macam-macam mata bor dan fungsinya:

- a. Diamond Bit : Untuk batuan kompak
- b. Tangstone bit : Untuk tanah lempung
- c. Drug bit : Untuk batuan lempung atau lunak
- d. Button bit : Untuk batuan keras
- e. Tricone bit : Untuk pemboran minyak bumi
- f. X-bit : Untuk batuan keras
- g. Chisel Bit : Untuk batuan keras



Gambar 2.3.1.9  
Jack Hammer



Gambar 2.3.1.10  
Ratchet Ring



Gambar 2.3.1.11  
Riffel nut



Gambar 2.3.1.12  
Riffel bar



Gambar 2.3.1.13  
Rumah Piston



Gambar 2.3.1.14  
Pull Mekanis



Gambar 2.3.1.15  
Cook



Gambar 2.3.1.16  
Penutup Atas & Tabung Oli



Gambar 2.3.1.17  
Cook



Gambar 2.3.1.18  
Piston

Prinsip kerja *jack hammer* yaitu rotary percusive dengan menggunakan piston sebagai penggerak bor, pada gerakan naik turun yang terjadi disebabkan karena adanya tekanan udara yang tinggi dari kompresor dan adanya gaya perlawanan dari batuan saat pemboran.

Rumus – rumus yang di gunakan adalah :

$$V \text{ setara} = \frac{V \text{ keseluruhan}(V \text{ balok})}{\Sigma \text{ lubang ledak} \times H \text{ lubang ledak}} \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\text{Kec. Pemboran} = \frac{H}{\text{Waktu edar}} \dots\dots\dots (1.3)$$

$$\text{Produksi} = V \text{ setara} \times \text{Kec} \times \text{effisiensi} \times 60 \text{ menit} \dots\dots\dots (1.4)$$

### 2.3.2 Deskripsi Kompresor



Keterangan :

1. Pulley besar
2. Pulley kecil
3. Klep pengunci
4. Saringan udara
5. Tabung udara
6. Belt
7. Piston

Gambar 2.3.2.1

Kompresor dan bagian-bagiannya

Prinsip kerja kompresor yaitu piston dibatas bawah bergerak keatas sambil memampatkan udara, selanjutnya udara hasil pampatan dialirkan ketempat penyimpanan sementara, selanjutnya dikeluarkan melalui pipa menuju alat bor yang digunakan.

## 2.4 Pembahasan

### 2.4.1 Pembahasan Alat Bor

Pemboran merupakan pekerjaan pertama dalam kegiatan operasi peledakan yaitu untuk menyediakan lubang ledak. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pemboran yaitu Sifat batuan, drilabilitas batuan, geometri pemboran, umur dan kondisi mesin bor serta keterampilan operator mesin bor. Sifat-sifat batuan diantaranya kekuatan batuan, semakin tinggi kandungan kwarsa pembentuk batuan maka semakin tinggi kekuatan batuan tersebut.

Sifat batuan yang lain adalah abrasivitas,tekstur dan struktur geologi. Jika massa batuan memiliki abrasivitas yang tinggi maka mata bor akan cepat mengalami keausan. Tekstur batuan teratur maka semakin mudah proses

pemborannya. Sedangkan untuk struktur geologi mempengaruhi dari kelurusan pemboran.

Dasar pemilihan alat bor adalah :

1. Jenis pekerjaan yang akan dilakukan, apakah surface atau underground
2. Volume produksi yang direncanakan
3. Jenis batuan
4. Tinggi jenjang ( Geometri pemboran )
5. Diameter lubang ledak
6. Kondisi lapangan
7. Peraturan atau undang – undang setempat
8. Fragmentasi

Dari praktikum Acara II, kami mendapatkan informasi mengenai bagian – bagian dari alat bor khususnya jack hammer, jenis – jenis bit, cara kerja dari jack hammer dan merakit sekaligus melepas jack hammer.

Ada tiga produser yang digunakan/ dipakai untuk menentukan kecepatan pemboran :

1. Pengujian di laboratorium
2. Perhitungan penetrasi berdasarkan kuat tekan batuan
3. Estimasi berdasarkan siklus pemboran

Dasar penentuan produksi alat bor adalah produksi mesin bor tergantung kecepatan pemboran mesin bor, volume setara dan penggunaan efektif mesin bor. Produksi mesin bor dinyatakan dalam  $m^3/jam$ .

#### **2.4.2 Pembahasan Kompresor**

Dinamo berfungsi menggerakkan pulley kecil yang kemudian akan menggerakkan pulley besar dengan bantuan belt.pulley besar bergerak menyebabkan piston turun dan ketitik mati bawah dan katup isap terbuka kemudian menghisap udara dari luar melalui filter. Ketika piston kembali bergerak ketitik mati atas, udara dibuang melalui katup buang dan masuk ke dalam tabung kompresor. Udara yang dihasilkan dalam tabung kompresor memiliki tekanan yang tinggi akibat proses kompresi di atas.  $\mu$

Rumus untuk mencari kapasitas kompresor :

$$\text{Kapasitas} = \frac{D_{\text{pulleykecil}}}{D_{\text{pulleydbesar}}} \times \text{RPM} \times \text{Volume}$$

## 2.5 Kesimpulan

### 2.5.1 Kesimpulan Alat Bor

1. Pemboran merupakan tahapan dari kegiatan peledakan yang pertama karena untuk penyediaan lubang ledak agar hasil dari kegiatan peledakan sesuai dengan keinginan.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeboran yaitu :
  - Sifat batuan yang akan dibor, seperti :
    - Kekerasan batuan
    - Kekuatan batuan
    - Abrasifitas
    - Elastisitas dan plastisitas
    - Tekstur batuan
    - Struktur geologi
    - Karakteristik pecahan
  - Rock drillability
  - Geometri pemboran
  - Umur dan kondisi mesin bor
  - Keterampilan operator
3. Berdasarkan penggeraknya alat bor dibagi menjadi dua yaitu :
  - Manual driven : Hand auger drill  
Bangka bor
  - Mechanic driven : Percussion drill  
Rotary drill  
Rotary-percussiobn drill

4. Dasar pemakaian alat bor adalah :
- Jenis pekerjaan yang akan dilakukan (*surface atau underground*).
  - Volume produksi yang akan direncanakan.
  - Sifat-sifat batuan.
  - Dimensi jenjang ( geometri pemboran ).
  - Kondisi kerja serta peralatan yang terkait ( fragmentasi ).

5. Untuk menilai kondisi alat digunakan rumus :

Mechanical Availability (MA)

$$MA = \frac{W}{(W+R)} \times 100\%$$

Physical Availability (PA)

$$PA = \frac{(W+S)}{(W+R+S)} \times 100\%$$

Use of Availability Percent (UA)

$$UA = \frac{W}{(W+S)} \times 100\%$$

Effective Utilazation (EU)

$$EU = \frac{W}{(W+R+S)} \times 100\%$$

Dengan :

W : Jam kerja alat                      S : Jumlah jam menunggu alat  
R : Jumlah jam perbaikan              T : Jumlah jam tersedia

### **2.5.2 Kesimpulan Kompresor**

Kompresor merupakan alat yang berfungsi menghasilkan udara bertekanan tinggi yang merupakan sumber tenaga bagi alat bor. Energi yang dihasilkan oleh mesin bor merupakan energi potensial ( udara bertekanan ) yang kemudian oleh mesin bor akan diubah menjadi energi mekanik.

- b. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor berguna untuk :
- Menggerakkan mesin bor.
  - Membersihkan lubang bor guna mengangkat cutting.
  - Mendinginkan mata bor.
  - Kegiatan yang pertama kali dilakukan sebelum peledakan adalah penyediaan lubang tembak yang dilakukan melalui pengeboran batuan dengan menggunakan alat bor.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Inmarlinianto, Singgih Saptono (2003), *Praktikum Teknik Peledakan*, Buku Petunjuk, Laboratorium Pemboran & Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
2. Koesnaryo S, (2001), *Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak*, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
3. Barlian (2010), *Praktikum Teknik Peledakan*, Buku Petunjuk, Laboratorium Pemboran & Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
4. Peel, (1946), *"Mining Engineers Handbook"*, Vol.I, Willey.
5. PPTM, (1994), *Kursus Juru Ledak*, Bandung.