

## PERENCANAAN RATE OF PENETRATION PADA OPERASI PEMBORAN

Oleh: \*)Agus Alexandri

### ABSTRAK

*Pada setiap kali dilakukan operasi pemboran, selalu diusahakan agar laju pemboran yang diperoleh adalah laju pemboran yang optimum. Suatu operasi pemboran dikatakan memiliki laju pemboran yang optimum apabila waktu penyelesaiannya cepat dan tujuan pemboran tercapai dengan baik sesuai dengan rencana.*

*Maksud dan tujuan perencanaan laju penembusan optimum ini adalah untuk meminimalisir segala macam problem pemboran tentunya dengan melakukan berbagai macam optimasi di berbagai aspek pemboran, dengan tujuan untuk meminimalisir biaya dan waktu pemboran*

*Untuk mendapatkan waktu penyelesaian yang cepat dan biaya yang murah harus dilakukan suatu perencanaan laju penembusan atau Rate of Penetration (ROP) agar didapatkan hasil yang optimum. Untuk merencanakan ROP yang optimum diperlukan parameter-parameter yang mempengaruhi, meliputi: mekanika batuan, kondisi bawah permukaan, lumpur pemboran, hidrolika pemboran, mekanika drill string, model penghancuran batuan, tipe-tipe bit, mekanika penghancuran batuan pada bit, serta kondisi operasi bit (WOB & RPM).*

### I. LATAR BELAKANG MASALAH

Dalam suatu operasi pemboran, laju penembusan atau Rate of Penetration (ROP) merupakan suatu faktor yang sangat penting. Maka yang diharapkan dalam suatu operasi pemboran adalah dicapainya ROP yang besar dan optimum. Makin singkat waktu yang diperlukan untuk melakukan operasi pemboran, maka operasi pemboran tersebut akan semakin baik, karena kemungkinan biayanya akan lebih murah. Tetapi ROP yang besar tidak selalu berhubungan dengan biaya yang murah, misalnya bila terjadi kerusakan bit dan lain-lain.

Tujuan dasar optimasi WOB adalah untuk mendapatkan ROP yang optimum serta menghindari terjadinya kerusakan pada bit akibat overload atau kelebihan pembebanan pada bit.

### II. KARAKTERISTIK FORMASI

Karakteristik formasi yang sangat berpengaruh terhadap ROP adalah karakteristik dari batuan formasi yaitu sifat mekaniknya, sifat mekanik yang mempengaruhi ROP yaitu: compressive strength, drillability, hardness, abrasiveness dan elasticity. Berikut ini adalah pengaruh dari sifat mekanik batuan terhadap ROP:

- **Compressive Strength**  
Compressive strength merupakan pencerminan dari kemampuan batuan untuk menahan compressive stress maksimum sebelum batuan tersebut hancur. Umumnya ROP berbanding terbalik dengan compressive strength. Semakin besar compressive strength, maka ROP akan semakin menurun.

- **Drillability**  
Drillability merupakan tingkat kemudahan batuan untuk dibor. Dengan demikian, semakin besar tingkat drillabilitas suatu batuan, maka batuan tersebut akan semakin mudah untuk dibor. Drillability umumnya akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Semakin besar kedalaman, maka batuan akan semakin sulit untuk ditembus.
- **Hardness**  
Hardness (kekerasan batuan) merupakan sifat ketahanan batuan terhadap goresan. Kekerasan batuan dipengaruhi oleh semenntasi dan kekompakan butiran batuan. Semakin keras batuan, ruang rongga butiran batuan akan semakin kecil dan batuan menjadi semakin kompak, sehingga batuan semakin sulit untuk dihancurkan. Sebaliknya, semakin besar rongga butiran batuan akan mempermudah batuan untuk di bor, sehingga ROP yang dihasilkan akan semakin tinggi.
- **Abrasiveness**  
Abrasiveness merupakan sifat menggores dan mengikis dari batuan. Hai ini akan berpengaruh pada tingkat keausan gigi bit. Semakin besar abrasiveness, maka bit akan semakin cepat aus, sehingga ROP akan menurun.
- **Elasticity**  
Pengaruh elasticity terhadap ROP biasanya dijumpai pada batuan shale. Semakin elastis suatu batuan, akan menyebabkan batuan tersebut akan semakin sulit untuk dibor.

Pada prinsipnya, tekanan akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Tekanan hidrostatik dan overburden akan semakin tinggi,

batuan semakin kompak sehingga akan sulit untuk ditembus. Dan pada umumnya ROP akan menurun dengan adanya tekanan yang semakin besar.

Temperatur juga akan semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman. Berdasarkan sifat plastiknya, batuan akan lebih mudah hancur dengan temperature yang tinggi. Tetapi pada kenyataannya, semakin dalam lapisan batuan, batuan tersebut akan semakin kompak, titik leleh dari batuan juga semakin besar, sehingga akan tetap semakin sulit ditembus. Permasalahan juga terjadi pada kondisi bit. Pada temperature yang tinggi, bit akan menjadi lebih cepat aus.

Tetapi perlu diingat, bahwa terdapat lapisan batuan keras maupun lunak, sehingga dengan bertambahnya kedalaman belum tentu akan menurunkan ROP.

Dalam pemilihan lumpur pemboran, harus memperhitungkan faktor formasi yang terdapat pada lingkungan pemboran. Faktor formasi yang berpengaruh terhadap pemilihan lumpur antara lain:

- Jenis batuan dan fluida
- Temperatur formasi
- Tekanan formasi
- Kerapuhan formasi
- Permeabilitas formasi
- Kandungan clay dan garam

Pemilihan lumpur pemboran pada umumnya didasarkan pada sifat fisik dan jenis fluidanya. Sifat fisik dari lumpur pemboran antara lain:

- **Densitas**  
Densitas lumpur pemboran atau berat lumpur didefinisikan sebagai perbandingan berat per unit volume lumpur. Sifat ini berpengaruh terhadap pengontrolan tekanan subsurface dari formasi, sehingga dalam operasi pemboran densitas

lumpur harus selalu dikontrol terhadap kondisi formasinya agar diperoleh performance atau kelakuan lumpur yang sesuai dengan fungsi yang diharapkan terhadap formasi yang dibor.

- Viskositas  
Viskositas didefinisikan sebagai tahanan lumpur pemboran untuk mengalir saat dipompakan.
- Gel Strength  
Gel strength merupakan sifat statik lumpur pemboran yang merupakan suatu bentuk padatan dalam lumpur yang sirkulasinya dihentikan. Faktor penyebab terbentuknya gel strength yaitu adanya gaya tarik-menarik dari partikel-partikel plat clay sewaktu tidak ada sirkulasi.
- Filtration Loss  
Filtration loss adalah kehilangan dari sebagian fasa cair (filtrate) dari lumpur, masuk kedalam formasi permeable. Ketika terjadi kontak antara lumpur pemboran dengan batuan porous, batuan tersebut akan bertindak sebagai saringan yang memungkinkan fluida dan partikel-partikel kecil melewatinya.
- Sand Content  
Sand content merupakan kadar pasir dalam lumpur pemboran. Pasir tidak boleh terlalu banyak dalam lumpur pemboran, karena dapat merusak peralatan yang dilaluinya pada saat sirkulasi dan dapat menaikkan berat jenis lumpur itu sendiri

Setelah dipilih lumpur tersebut, dan diasumsikan bahwa variabel ini telah optimal baik jenis maupun sifatnya, maka bersama-sama dengan sistem sirkulasi akan berguna dalam pencapaian ROP yang optimum.

Faktor hidrolika mempunyai pengaruh besar dalam pembersihan cutting di dasar lubang bor dan

berfungsi sebagai pencegah terjadinya penggerusan atau penghancuran cutting berkali-kali (regrinding) di dasar lubang. Untuk itu diperlukan hidrolika yang optimum guna mendukung didapatkannya ROP yang optimum pula. Variabel yang mempengaruhi hidrolika adalah lumpur pemboran dengan sistem sirkulasinya dan didukung dengan sistem pompa.

Dalam pemakaian pompa, yang perlu dipertimbangkan antara lain: jumlah horse power yang tersedia dan berapa yang digunakan serta kehilangan tekanan yang terjadi. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi daya dari pompa yang diperlukan untuk sirkulasi dan pahat yang akhirnya dapat mengurangi laju penembusan. Kehilangan tekanan tersebut terjadi pada: surface connection, drill pipe-drill collar, annulus drill pipe-drill collar, dan pahat.

Dalam mengoptimasi hidrolika, pemakaian jet bit akan mempertinggi penetration rate dikarenakan adanya pembersihan lubang yang lebih baik sehingga tidak terjadi regrinding. Pada jet bit dipasang nozzle, yaitu lubang yang mempunyai diameter keluaran lebih kecil daripada masukkan sehingga mempertinggi rate. Dalam usaha mengoptimisasi hidrolika ini ada tiga metode, yaitu:

- Bit Hydraulic Horse Power (BHHP)
- Bit Hydraulic Impact (BHI)
- Jet Velocity (JV)

Dalam optimasi hidrolika, terdapat pendekatan dengan cara memperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- Kecepatan jet nozzle, yaitu kecepatan aliran pada nozzle.
- Impact force, yaitu besarnya kecepatan gaya lumpur dalam menumbuk dasar lubang bor.

- Bit hydraulic horse power, yaitu tenaga lumpur yang keluar dari bit karena pembersihan cutting tergantung dari energi lumpur yang keluar dari bit.

Pemilihan jenis pahat merupakan faktor yang sangat penting yang menentukan keberhasilan suatu operasi pemboran. Dengan jenis bit yang sesuai dengan formasi batuan yang ditembus, dan dengan adanya faktor pendukung lain yang sesuai, maka akan didapatkan ROP yang optimum.

Karakteristik batuan merupakan hal terpenting yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan jenis bit. Sebab kesalahan-kesalahan akibat pemilihan bit terhadap jenis formasi yang ditembus akan menurunkan efisiensi penggunaan bit, sehingga ROP tidak optimal. Salah satu karakteristik batuan yang paling menentukan dalam pemilihan jenis pahat adalah kekerasan batuan (hardness).

Ada empat tipe pahat yang umum dipakai, yaitu : drag bit, rolling cutter bit, PDC bit, dan diamond bit. Drag bit digunakan untuk pemboran yang sangat lunak dengan aksi keruk pada permukaan formasi. Rolling cutter bit, untuk membor formasi yang lunak menggunakan gigi yang panjang, runcing dan jarak antara gigi-giginya agak jarang. Sedang untuk membor formasi yang keras menggunakan gigi yang lebih tebal, lebih pendek, berjarak lebih rapat dan jumlahnya lebih banyak. PDC bit dirancang untuk pemboran dengan rate penetration tinggi pada formasi lunak sampai medium. Diamond bit digunakan untuk formasi keras, yang apabila penggunaan jenis bit lain sudah tidak ekonomis lagi.

Teknik untuk mendapatkan ROP adalah dengan memberi beban di atas

bit (WOB) yang berhubungan dengan sistem pengangkatan serta memberikan putaran (RPM) dengan bantuan sistem putar (rotary). Untuk memperoleh ROP yang optimum, pemberian WOB berguna untuk kemajuan dalam penembusan formasi dan untuk menjaga rangkaian pipa bor agar tetap tegang (tension). WOB yang baik diberikan lebih besar dari compressive strength batuan. Pada prinsipnya, semakin besar WOB yang diberikan, tentunya dengan batasan-batasan tertentu, laju pemboran akan semakin naik, jika pembersihan cutting oleh fungsi hidrolika berperan cukup untuk pembersihan dasar lubang bor.

RPM yang besar akan memberikan ROP yang besar pula sampai dengan batas tertentu. Jika RPM dinaikkan sampai batas vibrasi maksimal, maka akan terjadi torque yang terlalu besar sehingga akan mempercepat kerusakan pahat.

Jenis pahat yang digunakan dalam standar IADC harus sesuai dengan formasi yang ditembus, sehingga pemberian WOB dan RPM akan sesuai dan pahat akan semakin tahan lama di dalam lubang (rotating time berkurang). Untuk mendapatkan ROP yang optimum, keduanya tidak dapat berdiri sendiri, sehingga digunakan teknik kombinasi antara WOB dan RPM. Pemilihan kombinasi tersebut dapat dilakukan dengan suatu optimasi sehingga dihasilkan biaya per feet minimum. Metode kombinasi tersebut diantaranya adalah metode Speer, Samerton, Fullerton, Galle-Woods, dan Bourgoyne-Young.

### III. METODE-METODE PENENTUAN WOB-RPM OPTIMUM

Untuk metode Samerton digunakan grafik Samerton. Pada grafik Samerton didapat input yaitu: WOB,

RPM, (dalam pembacaan chart), diameter lubang bor dan strength batuan. Kemudian dimasukkan ke dalam persamaan Samerton, maka akan didapatkan WOB dan RPM optimum. Metode ini cukup sederhana, tetapi karena hasilnya tergantung pada pembacaan chart, maka dianggap masih kurang akurat.

Untuk metode Fullerton perhitungan WOB-RPM prinsipnya adalah melakukan coba-coba harga WOB-RPM yang optimum yang mempunyai umur bit yang lama, dimana umur bit ini meliputi umur bantalan bit dan umur gigi bit. Tetapi tetap kurang akurat karena masih menggunakan chart. Sedangkan untuk metode Galle-Woods kelebihanya yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan optimasi WOB-RPM lebih lengkap dan detail. Tetapi banyak menggunakan tabel-tabel harga konstanta.

Pada metode Bourgoyne-Young kelebihanya yaitu parameter-parameter yang digunakan sangat banyak, sehingga menambah keakuratan metode ini. Parameter dan eksponen yang digunakan meliputi: kekuatan formasi, kompaksi formasi, perbedaan tekanan dasar lubang bor, diameter bit dan WOB, kecepatan putar drill string, waktu penggunaan gigi bit, hidrolika bit. Metode ini sangat lengkap, hingga memperhitungkan biaya per feet dari operasi pemboran. Kekurangannya yaitu perhitungannya rumit karena banyak parameter yang digunakan.

Untuk memperoleh suatu hasil yang memuaskan dalam pencapaian ROP yang optimum, maka antara WOB dan RPM haruslah mempunyai hubungan yang sesuai, karena keduanya tidak akan dapat dipisahkan

dalam suatu operasi pemboran. Terdapat beberapa metode untuk menentukan hubungan antara WOB dan RPM, antara lain : Metode Speer, Metode Samerton, Metode Fullerton, dan Metode Bourgoyne-Young.

### 3.1. Metode Speer

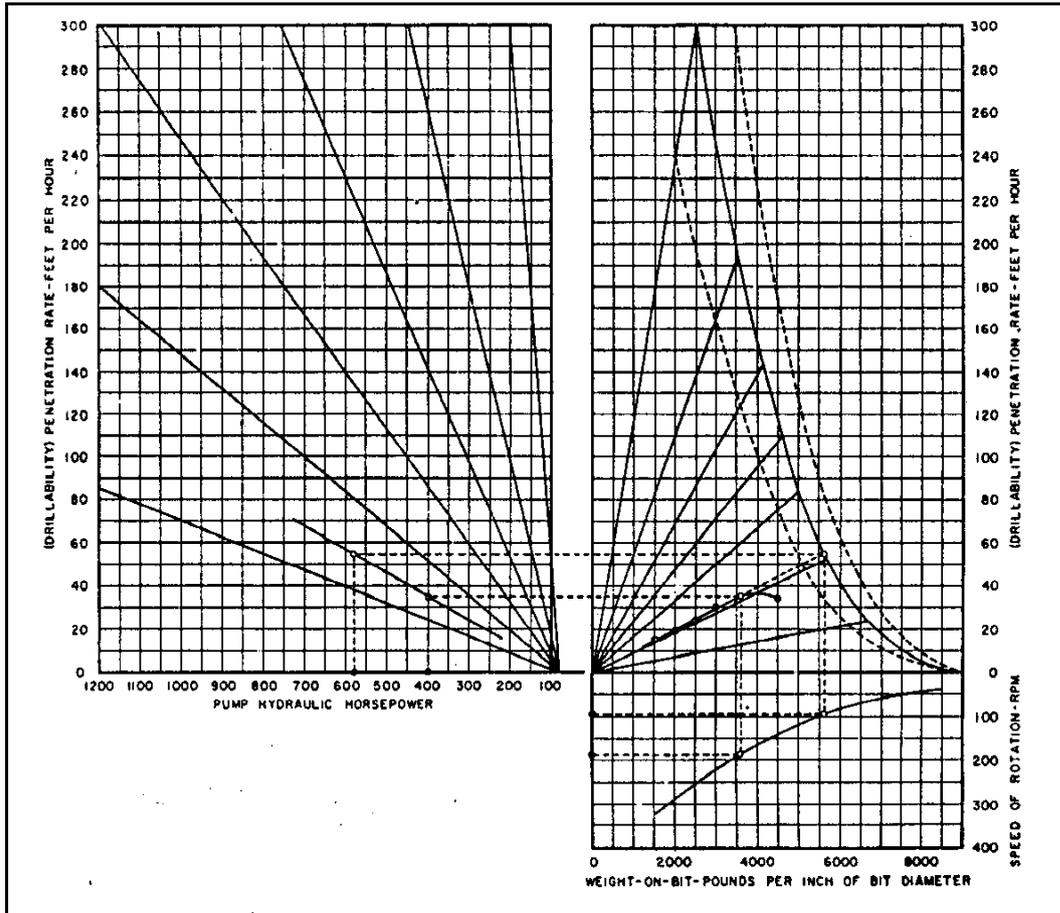
Speer mengemukakan bahwa ROP yang optimum sangat dipengaruhi dan tergantung dari WOB dan RPM serta hidrolikanya. Untuk itu dalam suatu operasi pemboran ada tiga masalah yang harus dipecahkan, yaitu :

- Bagaimana menentukan WOB optimum dan RPM tepat untuk peralatan yang digunakan
- Bagaimana mengkombinasikan WOB, RPM dan Hidrolika dengan footage cost yang minimum
- Bagaimana mengkombinasikan WOB dan RPM yang optimum untuk peralatan penunjang yang ada.

Speer mengadakan percobaan selanjutnya di laboratorium untuk menentukan hubungan ketiga faktor diatas dan mengkorelasikan antara :

- ROP dan WOB
- ROP dengan Hydraulic Horse Power
- ROP dengan WOB optimum
- ROP optimum dengan WOB

Hubungan di atas ditunjukkan dengan grafik 1 berikut, yaitu grafik untuk menentukan WOB dan RPM optimum. Dengan menggunakan grafitk Speer tersebut, dimana drillability indeks dari formasi langsung dihubungkan dengan ROP optimum. Metode ini didasarkan pada bit record, dimana harga WOB dan RPM dari pengoperasian bit telah didapatkan.



Gambar 1 Chart Penentuan WOB &amp; ROP Optimum Speer

Untuk pendekatan penentuan WOB-RPM optimum dengan metode Speer dilakukan dengan grafik speer. Dimana input dari metode Speer meliputi WOB, RPM, drillability batuan dan BHHP diperoleh dari data rekaman sumur bor sebelumnya. Kelebihan dari metode Speer yaitu sederhana, dapat diketahui BHHP optimum dan WOB-RPM optimum. Sedangkan kekurangannya adalah kurang akurat karena menggunakan chart, sehingga pembacaannya kurang tepat, dan juga faktor formasi dan faktor yang mempengaruhi keadaan formasi sudah dianggap optimum.

### 3.2. Metode Samerton

Samerton merumuskan hubungan antara ROP dengan WOB dan RPM sebagai berikut :

$$ROP = 1,5 \frac{NF^2}{D^3 S^2}$$

Keterangan :

- N = laju putaran, rpm
- D = diameter lubang bor, in
- S = rock strength
- F = weight on bit, lb.

Seperti halnya metode Speer, metode Samerton juga berdasarkan pada bit record yang ada, dimana data RPM dan WOB telah ada.

### 3.3. Metode Fullertone

Metode Fullertone digunakan pertama kali untuk milled tooth bit pada formasi yang lunak. Tetapi metode ini juga bisa digunakan untuk formasi lunak dengan insert bit. Metode Fullertone mempunyai sebuah konsep yang merupakan parameter dari tingkat energi yang meliputi :

- W (weight on bit, lb/in)
- R (kecepatan berputar bit, rpm)

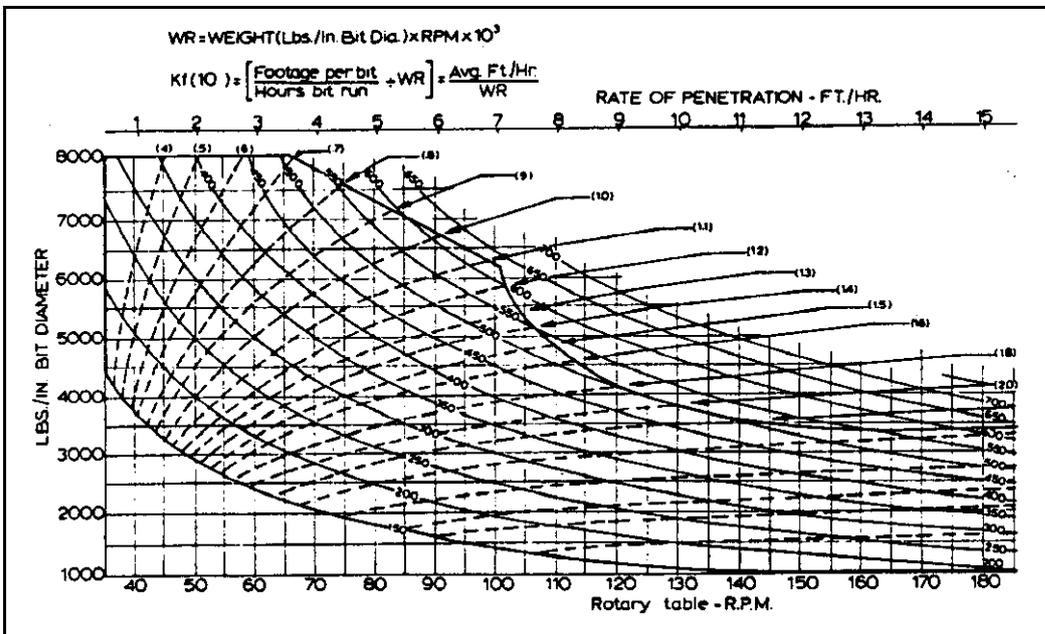
Dari parameter tersebut bisa dihubungkan dengan menggunakan chart yang merupakan hubungan antara variabel ROP, kemampuan formasi untuk di bor, berat bit, kecepatan putar, kedalaman sumur, serta tekanan lumpur dan hidroliknya. Dengan berat bit yang normal, pengoperasian kecepatan putar, pada setiap harga  $W \times R$  akan menghasilkan harga yang konstan, seperti yang terdapat pada suatu interval tertentu.

Berat bit dan kecepatan dapat bervariasi tanpa mengalami perubahan dari ROP rata-rata seiring dengan variabel hasil konstan. Chart tersebut didasarkan pada persamaan dibawah ini :

$$ROP = K_f WR$$

keterangan :

- ROP = laju penembusan, ft/hr
- $K_f$  = factor kemampuan batuan untuk dibor
- W = berat bit per diameter, lb/in
- R = kecepatan putaran, rpm



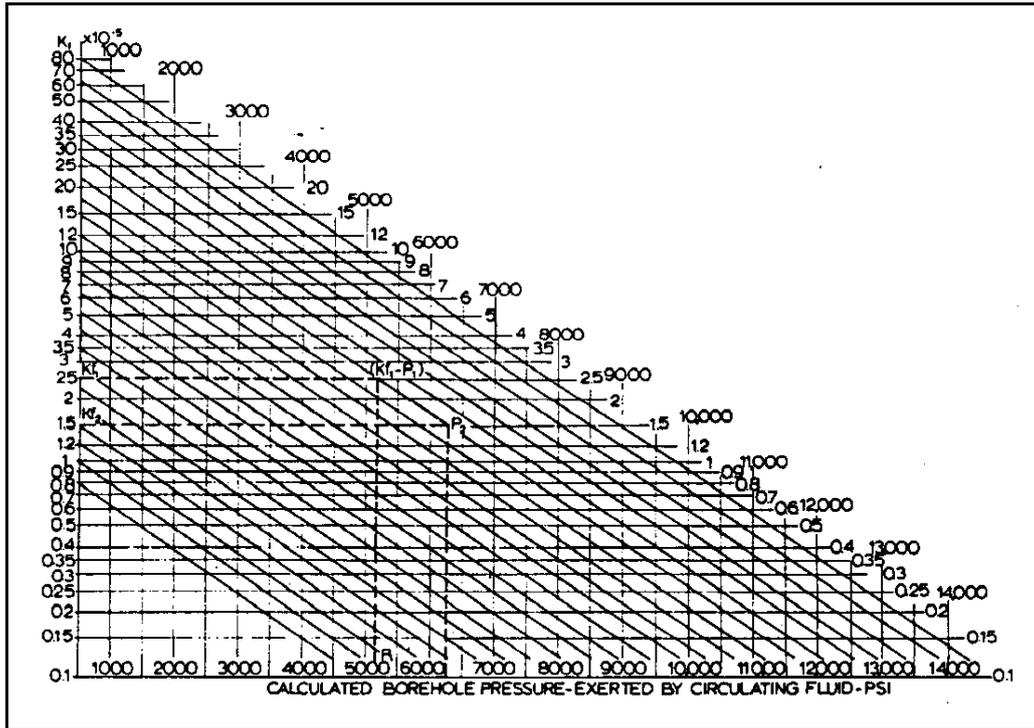
Gambar 2 Chart Parameter Pemboran

Sedangkan chart untuk mengetahui kemampuan batuan untuk dibor ( $K_f$ ) dalam berat jenis lumpur atau kedalaman lubang ditunjukkan oleh Gambar 3. Dimana terdapat koreksi untuk mencari harga  $K_f$  yang ditunjukkan dengan persamaan berikut ini :

$$\log 10 K_{f2} = 0.000208(P_1 - P_2) + \log 10 K_{f1}$$

keterangan :

- $K_{f1}$  = faktor kemampuan batuan untuk dibor yang nyata
- $K_{f2}$  = faktor kemampuan batuan untuk dibor koreksi
- $P_1$  = tekanan dasar lubang untuk  $K_{f1}$ , psi.
- $P_2$  = tekanan dasar lubang untuk  $K_{f2}$ , psi



Gambar 3 Chart Faktor Kemampuan Batuan Untuk Dibor

**3.4. Metode Bourgoyne Dan Young**

1. Waktu penggunaan gigi bit

Menurut Bourgouyne, waktu penggunaan gigi bit, dipengaruhi oleh faktor-faktor :

- Formation abrasiveness
- Geometri gigi bit
- Kombinasi WOB dan RPM

Laju ketumpulan gigi bit dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{dH}{dT_r} = \frac{1}{\sigma_H} \left( \frac{N}{60} \right)^{H_1} \left\{ \frac{\left( \frac{W}{d_b} \right)_m - 4}{\left( \frac{W}{d_b} \right)_m - \left( \frac{W}{d_b} \right)} \right\} \left( \frac{1 + H_2 / 2}{1 + H_2 h} \right)$$

keterangan :

- $T_r$  = waktu pemboran ,jam
- $H$  = panjang gigi bit yang aus
- $\sigma_H$  = konstanta keabrasifan formasi, jam
- $N$  = kecepatan putar drill string, rpm
- $W$  = beban pada bit , lb
- $d_b$  = diameter bit , inch

$\left( \frac{W}{d_b} \right)_m$  = konstanta

$H_1, H_2$  = konstanta

Konstanta keabrasifan formasi ( $\sigma_H$ ) rata-rata yang dijumpai selama pemboran berlangsung dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma_H = \frac{T_r}{J_2 (h_f + H_2 h_f^2 / 2)}$$

keterangan :

- $T_r$  = waktu pemboran, jam
- $J_2$  = parameter ketumpulan gigi bit
- $h_f$  = ketumpulan gigi bit

Parameter ketumpulan gigi bit ( $J_2$ ) merupakan fungsi WOB dan RPM dinyatakan sebagai :

$$J_2 = \left[ \frac{\left( \frac{W}{d_b} \right)_m - \left( \frac{W}{d_b} \right)}{\left( \frac{W}{d_b} \right) - 4} \right] \left[ \frac{60}{N} \right]^{H_1} \left[ \frac{1}{1 + H_2 / 2} \right]$$

Waktu ketumpulan gigi bit ( $T_{rH}$ ) sebagai berikut :

$$T_{rH} = J_2 \sigma_H (h_f + H_2 h_f^2 / 2)$$

## 2. Waktu penggunaan bantalan bit

Waktu penggunaan bantalan bit, menurut Bourgoyne dan Young dipengaruhi oleh :

- Kombinasi faktor mekanik (WOB dan RPM)
- Jenis bantalan bit
- Jenis lumpur pemboran

Laju keausan bantalan bit dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{db}{dT_r} = \frac{1}{\sigma_B} \left( \frac{N}{60} \right)^{B_1} \left( \frac{W}{4d_b} \right)^{B_2}$$

keterangan :

- $b$  = luasan bantalan bit yang aus
- $T_r$  = waktu pemboran, jam
- $\sigma_B$  = konstanta bantalan bit, jam
- $B_1, B_2$  = konstanta bantalan bit (Tabel IV-8)
- $N$  = kecepatan putar drill string, rpm
- $W$  = beban pada bit, lb

Konstanta bantalan bit ( $\sigma_B$ ) dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_B = \frac{T_r}{J_3 b_f}$$

Keterangan :

- $b_f$  = keausan bantalan bit
- $J_3$  = parameter keausan bantalan bit

Parameter keausan bantalan bit ( $J_3$ ) dinyatakan sebagai berikut :

$$J_3 = \left( \frac{N}{60} \right)^{B_1} \left( \frac{4d_b}{W} \right)^{B_2}$$

Waktu keausan bantalan bit ( $T_{rB}$ ) sebagai berikut :

$$T_{rB} = J_3 \sigma_B b_f$$

Optimasi waktu bit berdasarkan waktu pemakaian gigi bit dan bantalan bit mengupayakan biaya pemboran minimum. Dan waktu pemboran ( $T_r$ ) merupakan variabel yang paling menentukan biaya pemboran. Optimasi waktu pemakaian bit dipilih waktu yang minimum antara waktu pemakaian gigi

bit dari waktu pemakaian bantalan bit.

## 3. Optimasi kombinasi WOB - RPM

Merupakan penentuan kombinasi WOB - RPM optimum, sehingga dihasilkan biaya pemboran optimum. Laju penambusan (ROP) dipengaruhi oleh delapan faktor, yaitu :

- Kekuatan formasi
- Kedalaman formasi
- Kekompakan formasi
- Perbedaan tekanan dasar lubang sumur
- Diameter bit dan WOB
- Kecepatan putar drill string
- Waktu penggunaan gigi bit
- Hidrolika bit

Prosedur untuk memecahkan optimasi pemboran dengan metode Bourgoyne-Young adalah sebagai berikut :

1. Asumsikan harga WOB dan RPM
2. Hitung waktu penggunaan gigi bit
3. Hitung waktu penggunaan bantalan bit
4. Bangdingkan antara waktu tersebut, waktu terkecil diambil sebagai waktu pemboran ( $T_r$ )
5. Hitung kedalaman yang diperoleh (footage, D)
6. Hitung biaya pemboran per feet kedalaman (CPF)
7. Prosedur tersebut diatas dihitung berulang-ulang dan kemudian dipilih kombinasi WOB dan RPM yang menghasilkan pemboran biaya pemboran yang optimum.

## IV. PEMBAHASAN

Pemilihan jenis pahat merupakan faktor yang sangat penting yang menentukan keberhasilan suatu operasi pemboran. Dengan jenis bit yang sesuai dengan formasi batuan yang ditembus, dan dengan adanya faktor pendukung lain yang sesuai, maka akan didapatkan ROP yang optimum.

Karakteristik batuan merupakan hal terpenting yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan jenis bit. Sebab kesalahan-kesalahan akibat pemilihan bit terhadap jenis formasi yang ditembus akan menurunkan efisiensi penggunaan bit, sehingga ROP tidak optimal. Salah satu karakteristik batuan yang paling menentukan dalam pemilihan jenis pahat adalah kekerasan batuan.

Ada empat tipe pahat yang umum dipakai, yaitu : drag bit, rolling cutter bit, PDC bit, dan diamond bit. Drag bit digunakan untuk pemboran yang sangat lunak dengan aksi keruk pada permukaan formasi. Rolling cutter bit, untuk membor formasi yang lunak menggunakan gigi yang panjang, runcing dan jarak antara gigi-giginya agak jarang. Sedang untuk membor formasi yang keras menggunakan gigi yang lebih tebal, lebih pendek, berjarak lebih rapat dan jumlahnya lebih banyak. PDC bit dirancang untuk pemboran dengan rate penetration tinggi pada formasi lunak sampai medium. Diamond bit digunakan untuk formasi keras, yang apabila penggunaan jenis bit lain sudah tidak ekonomis lagi.

Teknik untuk mendapatkan ROP adalah dengan memberi beban di atas bit (WOB) yang berhubungan dengan sistem pengangkatan serta memberikan putaran (RPM) dengan bantuan sistem putar (rotary). Untuk memperoleh ROP yang optimum, pemberian WOB berguna untuk kemajuan dalam penembusan formasi dan untuk menjaga rangkaian pipa bor agar tetap tegang (tension). WOB yang baik diberikan lebih besar dari compressive strength batuan. Pada prinsipnya, semakin besar WOB yang diberikan, tentunya dengan batasan-batasan tertentu, laju pemboran akan semakin naik, jika pembersihan cutting

oleh fungsi hidrolika berperan cukup untuk pembersihan dasar lubang bor.

RPM yang besar akan memberikan ROP yang besar pula sampai dengan batas tertentu. Jika RPM dinaikkan sampai batas vibrasi maksimal, maka akan terjadi torque yang terlalu besar sehingga akan mempercepat kerusakan pahat.

Jenis pahat yang digunakan dalam standar IADC harus sesuai dengan formasi yang ditembus, sehingga pemberian WOB dan RPM akan sesuai dan pahat akan semakin tahan lama di dalam lubang (rotating time berkurang). Untuk mendapatkan ROP yang optimum, keduanya tidak dapat berdiri sendiri, sehingga digunakan teknik kombinasi antara WOB dan RPM. Pemilihan kombinasi tersebut dapat dilakukan dengan suatu optimasi sehingga dihasilkan biaya per feet minimum. Metode kombinasi tersebut diantaranya adalah metode Speer, Samerton, Fullerton, dan Bourgoyne-Young.

Untuk pendekatan penentuan WOB-RPM optimum dengan metode Speer dilakukan dengan grafik speer. Dimana input dari metode Speer meliputi WOB, RPM, drillability batuan dan BHHP diperoleh dari data rekaman sumur bor sebelumnya. Kelebihan dari metode Speer yaitu sederhana, dapat diketahui BHHP optimum dan WOB-RPM optimum. Sedangkan kekurangannya adalah kurang akurat karena menggunakan chart, sehingga pembacaannya kurang tepat, dan juga faktor formasi dan faktor yang mempengaruhi keadaan formasi sudah dianggap optimum.

Untuk metode Samerton digunakan grafik Samerton. Pada grafik Samerton didapat input yaitu: WOB, RPM, (dalam pembacaan chart), diameter lubang bor dan strength

batuan. Kemudian dimasukkan ke dalam persamaan Samerton, maka akan didapatkan WOB dan RPM optimum. Metode ini cukup sederhana, tetapi karena hasilnya tergantung pada pembacaan chart, maka dianggap masih kurang akurat.

Untuk metode Fullerton perhitungan WOB-RPM prinsipnya adalah melakukan coba-coba harga WOB-RPM yang optimum yang mempunyai umur bit yang lama, dimana umur bit ini meliputi umur bantalan bit dan umur gigi bit. Tetapi tetap kurang akurat karena masih menggunakan chart. Pada metode Bourgoyne-Young kelebihanya yaitu parameter-parameter yang digunakan sangat banyak, sehingga menambah keakuratan metode ini. Parameter dan eksponen yang digunakan meliputi: kekuatan formasi, kompaksi formasi, perbedaan tekanan dasar lubang bor, diameter bit dan WOB, kecepatan putar drill string, waktu penggunaan gigi bit, hidrolika bit. Sangat lengkap, hingga memperhitungkan biaya per feet dari operasi pemboran. Kekurangannya yaitu perhitungannya rumit karena banyak parameter yang digunakan.

## KESIMPULAN

1. Perencanaan ROP bertujuan untuk memperoleh laju penembusan yang optimal, aman, dan tentunya juga diimbangi dengan biaya yang seminimal mungkin.
2. Karakteristik formasi yang sangat berpengaruh terhadap ROP adalah mekanika batuan formasi, sifat mekanik yang mempengaruhi ROP yaitu: compressive strength, drillability, hardness, abrasiveness dan elasticity
3. Jika tekanan overburden semakin tinggi, batuan semakin kompak sehingga akan sulit untuk ditembus. Pada umumnya ROP akan menurun dengan adanya tekanan yang semakin besar.
4. Pemilihan jenis pahat merupakan faktor yang sangat penting yang menentukan keberhasilan suatu operasi pemboran. Dengan jenis bit yang sesuai dengan formasi batuan yang ditembus, dan dengan adanya faktor pendukung lain yang sesuai, maka akan didapatkan ROP yang optimum.
5. Pemberian WOB dan RPM yang sesuai akan memberikan ROP yang optimum

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, N.J., "Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach", Penwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
- Amyx, J. W., Bass, D. M. Jr., Whitting, R. L., *Petroleum Reservoir Engineering*, Mc. Graw Hill Book Company, New York, 1960.
- Bourgoyne, AT., "applied Drilling Engineering", Society of Petroleum Engineering, Richardson, Texas, 1986.
- Gatlin, C., *Petroleum Engineering Drilling and Well Completion*, Prentice Hall Inc., Englewood Clift, New Jersey, 1960.
- Lummus, J. L., *Drilling Fluids Optimization, A Practical Approach*, Penn Well Publishing Co., Tulsa Oklahoma, 1986.
- Moore, P. L., *Drilling Practice Manual*, Publishing, Co., Tulsa, 1974.
- Rabia, H., "Oil well Drilling Engineering", Graham and Trotman, Oxford, UK, 1985.