

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Metode *Decline Curve*

Metode *Decline Curve* merupakan salah satu metode untuk memperkirakan besarnya cadangan minyak sisa berdasarkan data–data produksi setelah selang waktu tertentu (Fetkovich, 1980). Kurva Penurunan yang paling populer adalah kurva penurunan Minyak dan Gas yaitu laju produksi terhadap waktu (Hissin, 2013). Perkiraan cadangan kumulatif dan cadangan sisa dengan menggunakan Metode ini didasarkan pada data produksi. Syarat penggunaan Metode *Decline Curve* adalah :

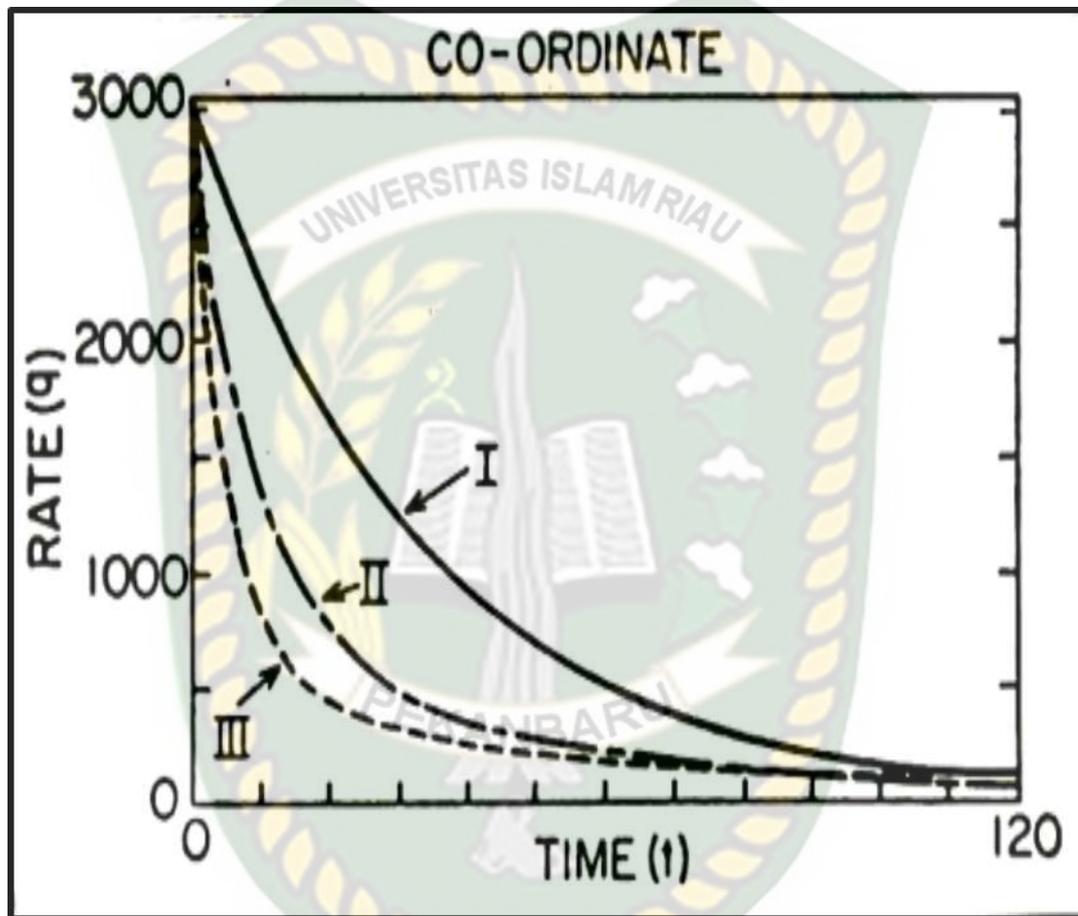
1. Adanya penurunan grafik produksi.
2. Tidak ada penggantian metode produksi.
3. Sumur berproduksi dalam jumlah yang konstan

Penurunan laju produksi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor diantaranya mekanisme pendorong reservoir, tekanan, sifat fisik batuan dan fluida reservoir. Pada dasarnya perkiraan jumlah cadangan minyak sisa menggunakan Metode *Decline Curve* adalah memperkirakan hasil ekstrapolasi (penarikan garis lurus) yang diperoleh dari suatu kurva yang dibuat berdasarkan *plotting* antara data produksi atau produksi kumulatif terhadap waktu produksinya.

Beberapa macam tipe grafik yang dapat digunakan untuk peramalan cadangan dan produksi hidrokarbon adalah :

1. Laju produksi terhadap waktu ( $q$  vs  $t$ ).
2. Laju produksi terhadap produksi kumulatif ( $q$  vs  $N_p$ ).
3. Persen minyak terhadap produksi kumulatif (% oil vs  $N_p$ ).
4. Produksi kumulatif gas terhadap produksi kumulatif minyak ( $G_p$  vs  $N_p$ ).
5. Tekanan reservoir terhadap waktu ( $P$  vs  $t$ ).
6.  $P/Z$  vs produksi kumulatif (untuk reservoir gas).

Grafik yang umum digunakan adalah tipe pertama ( $q$  vs  $t$ ) dan kedua ( $q$  vs  $N_p$ ) dimana keduanya memberikan pendekatan grafis yang dinamakan *Decline Curve*, seperti terlihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1**  $Q$  Vs  $t$  Pada Analisis *Decline Curve* (Tarek Ahmed, 2006)

Kurva penurunan (*Decline Curve*) terbentuk akibat adanya penurunan produksi yang disebabkan adanya penurunan tekanan statis reservoir seiring dengan diproduksikannya hidrokarbon. Para ahli reservoir mencoba menarik hubungan antara laju produksi terhadap waktu dan terhadap produksi kumulatif dengan tujuan memperkirakan produksi yang akan datang (*future production*) dan umur reservoir (*future life*). Analisis penurunan produksi adalah cara tradisional mengidentifikasi masalah produksi dan memprediksi kinerja berdasarkan data produksi. (Guo, 2013)

**Tabel 2.1** Persamaan Untuk Masing-masing Tipe *Decline Curve* (JJ Arps, 1944).

	Tipe Decline		
	Exponential	Hyperbolic	Harmonic
Characteristic	Decline is Constant	Decline Varies with instantaneous rate raised to power “b”	Decline is directly proportional to the instantaneous rate
Exponen	$b = 0$	$b > 0, b \neq 1$	$b = 1$
Rate Time Relationship	$q = q_i \cdot e^{-D_i \cdot t}$	$q = q_i (1 + b D_i \cdot t)^{\frac{1}{b}}$	$q = q_i (1 + b D_i \cdot t)^{-1}$
Rate Cumulative Relationship	$N_p = \frac{(q_i - q)}{D_i}$	$N_p = \frac{q_i^b}{(1-b)D_i} (q t^{1-b} - q^{1-b})$	$N_p = \frac{q_i}{D_i} \ln \left( \frac{q_i}{q} \right)$
Dimensionless Time, tD	$D_i t = \ln \left( \frac{q_i}{q} \right)$	$D_i t = \frac{\left( \frac{q_i}{q} \right)^{-1} - 1}{b}$	$D_i t = \left( \frac{q_i}{q} \right)^{-1} - 1$
Dimensionless Production, qD	$\frac{N_p}{q_i t} = \frac{1 - \left( \frac{q_i}{q} \right)^{-1}}{\ln \left( \frac{q_i}{q} \right)}$	$\frac{N_p}{q_i t} = \frac{1 - \left( \frac{q_i}{q} \right)^{b-1}}{\ln \left( \frac{q_i}{q} \right)^{b-1} - 1} \left( \frac{b}{1-b} \right)$	$\frac{N_p}{q_i t} = \frac{\ln \left( \frac{q_i}{q} \right)}{\ln \left( \frac{q_i}{q} \right)^{-1} - 1}$

### 2.1.1 Penentuan Tipe *Decline Curve*

Tipe *Decline Curve* ditentukan sebelum melakukan perkiraan jumlah cadangan sisa dan umur dari reservoir yang dikaji berproduksi sampai  $q_{limit}$ . Berdasarkan nilai  $b$  (eksponen *decline*), penentuan tipe *Decline Curve* yaitu menggunakan Metode *Trial Error and X2-Chisquare Test* (Meri andriani et al, 2014).

### 2.1.2 Metode *Trial Error and X2 Chisquare-Test*

Metode *Trial Error and X2-Chisquare Test* yaitu memperkirakan harga  $q$  pada asumsi berbagai macam harga  $b$  dan kemudian menentukan selisih terkecil dari  $q$ -actual dengan  $q$ -forecast yang sudah dihitung sebelumnya (Meri andriani et al, 2014). Prosedur perhitungannya sebagai berikut :

1. Membuat tabulasi yang meliputi: waktu ( $t$ ),  $q$ -actual kemudian  $q$ -forecast serta  $Di$  dengan berbagai harga  $b$  dan terakhir  $X2$  (selisih antara  $q$ -actual dengan  $q$ -forecast).
2. Asumsikan harga  $b$  mulai 0 sampai 1 ( $b = 0$  untuk *exponential*,  $b = 0,1 - 0,9$  untuk *hyperbolic*,  $b = 1$  untuk *harmonic*).
3. Menghitung  $Di$  dengan perumpamaan :

a. Pada  $b = 0$ , hitung  $Di$  :  $Di = \frac{\ln\left(\frac{Q_i}{Q_t}\right)}{t_t}$

b. Pada  $b = 0,1 - 0,9$ , hitung  $Di$  :  $Di = \frac{\left(\frac{Q_i}{Q_t}\right)^{b-1}}{b t_t}$

c. Pada  $b = 1$ , hitung  $Di$  :  $Di = \frac{\left(\frac{Q_i}{Q_t}\right)^{-1}}{t_t}$

4. Menghitung  $Q$  forecast yaitu :
  - a. Pada  $b = 0$ , hitung  $Q$  forecast :  $Q_n = Q_i \times EXP^{-D.t}$
  - b. Pada  $b = 0,1 - 0,9$ , hitung  $Q$  forecast :  $Q_n = Q_i (1 + b Di.t)^{-1/b}$
  - c. Pada  $b = 1$ , hitung  $Q$  forecast :  $Q_n = Q_i (1 + Di.t)^{-1}$

Dimana untuk harga  $Q_i$  = harga  $Q$  aktual, harga  $Di$  didapat dari langkah 3 dan harga dari  $t = dt$ .

5. Menghitung  $X2$  (selisih antara  $q$ -actual dengan  $Q$  forecast) dengan menggunakan rumus *Chi-Square Test*, seperti persamaan dibawah ini:

$$X^2n = \left| \frac{(fi - Fi)^2}{Fi} \right| \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

fi = Data laju produksi observasi (aktual), bbl/waktu.

Fi = Data laju produksi *forecast* (perkiraan), bbl/waktu.

Untuk setiap harga dari :

a.  $b = 0$

$$X^2n = \left| \frac{(fi - Fi)^2}{Fi} \right|$$

b.  $b = 0,1 - 0,9$

$$X^2n = \left| \frac{(fi - Fi)^2}{Fi} \right|$$

c.  $b = 1$

$$X^2n = \left| \frac{(fi - Fi)^2}{Fi} \right|$$

6. Mengulangi prosedur perhitungan pada langkah 3 sampai langkah 5 untuk menghitung data-data selanjutnya.

7. Menentukan  $\Sigma$  harga  $X^2$  yang paling kecil. Harga  $\Sigma X^2$  yang paling kecil menunjukkan kurva yang paling fit untuk mewakili titik-titik data yang sedang dianalisis dengan harga :

a. *Exponential Decline* :  $b = 0$

b. *Hyperbolic Decline* :  $b > 0, b \neq 1$

c. *Harmonic Decline* :  $b = 1$

## 2.2 Prediksi Laju Produksi Minyak (qo) dan Kumulatif Produksi *Forecast*

( $N_{pt \rightarrow \text{limit}}$ )

Setelah harga  $b$  Di dan tipe *decline*-nya diketahui maka prediksi laju produksi minyak (qo) dan kumulatif produksi *forecast* ( $N_{pt \rightarrow \text{limit}}$ ) dapat dilakukan.

### 2.2.1 Estimasi Cadangan yang Bisa Diproduksikan

*Estimated Ultimate Recovery (EUR)* adalah estimasi *ultimate* cadangan minyak yang bisa diproduksikan sesuai dengan teknologi, kondisi ekonomi dan peraturan-peraturan yang ada pada saat itu (Gary S. Swindell, 2018). diproduksikan sampai *economic limit rate (qlimit)*-nya.

$$EUR = N_{pt} + N_{pt\text{-limit}} \dots \dots \dots (2)$$

### 2.2.2 Recovery Factor (RF)

*Recovery Factor (RF)* adalah perbandingan antara *estimated ultimate recovery (EUR)* dengan *original oil in place (OOIP)*. Untuk mengestimasi OOIP kita perlu tahu EUR dan Recovery Factor (Carolyn Coolidge, 2011).

$$RF = \frac{EUR}{OOIP} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

### 2.2.3 Estimasi Cadangan Minyak Sisa

*Estimated Remaining Reserve (ERR)* adalah cadangan yang masih tertinggal di reservoir yang dapat diproduksikan dengan teknologi yang ada.

$$ERR = EUR - N_{pt} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

ERR = *Estimated Remaining Reserve*, STB.

EUR = *Estimated Ultimate Recovery*, STB.

$N_{pt}$  = Produksi kumulatif pada waktu  $t$ , STB.

### 2.3 Penentuan *Economic Limit Rate (Q-limit)*

*Economic Limit Rate (q-limit)* adalah laju produksi minimal dimana jumlah penghasilan yang diterima dari hasil penjualan produksi akan sama dengan jumlah biaya yang diperlukan untuk menghasilkan produksi tersebut (Makinde, 2012). Sumur produksi akan ditinggalkan pada saat biaya untuk memproduksi lebih besar dari keuntungan yang diperoleh. Kerugian secara ekonomi akan terjadi jika tetap melanjutkan produksi dibawah *economic limit*. Dasar estimasi cadangan dengan *Decline Curve* terletak pada besarnya *economic limit* karena menentukan umur produksi dan jumlah cadangan minyak yang akan diproduksi.

*Q-limit* dapat dirumuskan :

$$Q - \text{Limit} \left( \frac{STB}{\text{hari}} \right) = \frac{OPC \times WI}{30,5 \times (1 - PTR) \times SP \times NRI} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

- qlimit = *Economic limit rate*, STB/hari.
- OPC = *Monthly Operating Cost*, (Rp/bulan).
- WI = *Working Interest*, fraksi.
- PTR = *Production Tax Rate*, fraksi.
- SP = *Sales Price*, Rp/Bbl.
- NRI = *Net Revenue Interest*, fraksi.
- 30,5 = Konversi satuan waktu dari bulan ke hari.

Biaya operasional (*operating cost*) merupakan biaya yang dikeluarkan baik sehubungan dengan adanya operasi produksi (*variable cost*) maupun biaya yang pasti dikeluarkan oleh perusahaan berupa administrasi umum yang tidak berpengaruh terhadap besar kecilnya produksi (*fixed cost*). Contoh biaya operasi yang termasuk dalam *variable cost* adalah *lifting cost*, *HSE*, *production tools* dan *equipment maintenance*, gaji pegawai non staf dan sebagainya. Contoh biaya operasi yang termasuk dalam *fixed cost* adalah *general administration*, yaitu meliputi *finance & administration* : audit, perpajakan, sewa kantor; *technical*

*services* : pengadaan dan servis alat telekomunikasi & komputer; *transportation cost* : pengadaan, servis dan bahan bakar mobil kantor; *salary & personal expenditure* : gaji pegawai (staf), biaya *training* dan menyekolahkan pegawai; *community development* : pembangunan fasilitas umum.

Apabila kepemilikan perusahaan dimiliki oleh satu orang/pihak maka harga WI = 1 (100%), bila kepemilikan bersama maka harga WI tergantung dari kepemilikan yang besarnya berdasarkan kesepakatan dari pemilik saham.

*Production Tax Rate* (PTR) adalah pajak yang diberikan kepada pemerintah. Pajak adalah salah satu sumber pendapatan pemerintah. Pemerintah mengambil bagiannya dari hasil produksi minyak dan gas bumi melalui pajak yang dikenakan terhadap semua pemasukan kontraktor yang didapat dari usahanya tersebut. Sistem perpajakan yang dibuat oleh pemerintah dimaksudkan untuk memaksimalkan pendapatan pemerintah.

Harga minyak mentah (*sales price*) Indonesia tergantung dari harga pasar minyak mentah dunia. Harga tersebut merupakan harga penjualan dengan sistem FOB (*free on board*), yang berarti harga minyak sesuai dengan harga minyak yang masuk ke *Tanker*. Harga ini akan naik apabila menggunakan sistem penjualan CIF (*cost in freight*) yang berarti minyak sampai di negara pembeli dan harganya menyesuaikan dengan regulasi yang berlaku atau kesepakatan antara kedua belah pihak. Harga minyak mentah dipengaruhi oleh <sup>0</sup>API, semakin besar harga <sup>0</sup>API suatu minyak maka minyak tersebut semakin ringan dan harganya semakin mahal.

*Net Revenue Interest* (NRI) didefinisikan sebagai perkalian antara *working interest* dengan (1-royalty interest). *Royalty Interest* diberikan kepada pemerintah berdasarkan peraturan perundangan sebagai pemilik lahan atau area yang digunakan.

## 2.4 Produksi Kumulatif Aktual ( $N_p$ )

Produksi kumulatif aktual ( $N_p$ ) adalah jumlah minyak yang telah diproduksi sampai waktu ( $t$ ).

## 2.5 *Peak Oil Production*

*Peak Oil Production* merupakan suatu metode yang digunakan dalam penentuan produksi awal suatu sumur baru yang dibuka sehingga dari beberapa sumur yang berada pada daerah sekitar sumur baru tersebut akan menjadi acuan produksi awal dimana puncak produksi pada masing-masing sumur sekitar sumur baru tersebut ditentukan puncak produksinya, setelah puncak produksi pada masing-masing sumur ditentukan maka selanjutnya adalah menentukan *decline* produksi.

## 2.6 *Reopening*

*Reopening* perforasi merupakan pekerjaan yang dilakukan untuk membuka kembali zona perforasi yang telah lama ditutup dimana dikemudian hari berdasarkan *study* yang telah dilakukan zona tersebut masih ekonomis untuk diproduksi. Cara membuka kembali zona tersebut adalah dengan cara melakukan *work over*. *Work Over* merupakan salah satu kegiatan dalam teknik operasi pada suatu sumur minyak. Pekerjaan ini bertujuan untuk perawatan sumur, kerja ulang pindah lapisan (KUPL), stimulasi dan reparasi sumur. Dengan melakukan perawatan dan reparasi sumur maka diharapkan dapat mengembalikan produksi sumur ke potensi sebelumnya. Sedangkan untuk meningkatkan produksi suatu sumur dapat dilakukan dengan cara stimulasi sumur dan melakukan kerja ulang pindah lapisan dengan cara pelubangan (perforasi) lapisan baru. Didalam melakukan pekerjaan ini, ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan agar kegiatan dapat berjalan baik. Salah satu faktor terpenting adalah pengetahuan mengenai tekanan formasi sumur. Pekerjaan *Work Over* baru bisa dilakukan apabila tekanan formasi sumur telah dapat dikendalikan.

## 2.7 Keekonomian

Pelaksanaan buka lapisan bertujuan untuk menaikkan produktifitas sumur, sehingga memperbesar keuntungan. Namun ada biaya yang dikeluarkan sebagai investasi. Diharapkan jumlah yang dikeluarkan dapat tergantikan secepatnya dengan keuntungan yang akan diperoleh setelah buka lapisan dilakukan. Parameter keekonomian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah, *Pay Out Time* (POT), *Net Revenue* dan *Cash Flow*.

### 2.7.1 Cash Flow

*Cash flow* (aliran kas) merupakan sejumlah uang kas yang keluar dan yang masuk sebagai akibat dari aktivitas perusahaan dengan kata lain adalah aliran kas yang terdiri dari aliran masuk dalam perusahaan dan aliran kas keluar perusahaan serta berapa saldonya setiap periode (Mian, 2011).

Aliran kas yang berhubungan dengan suatu proyek dapat di bagi menjadi tiga kelompok yaitu:

- a) Aliran kas awal (*Initial Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan pengeluaran untuk kegiatan investasi misalnya; pembelian tanah, gedung, biaya pendahuluan dsb. Aliran kas awal dapat dikatakan aliran kas keluar (*cash out flow*)

$$Cash\ Flow\ Awal = \sum_{n=\infty}^n (BOPD \times 30,5 \times Oil\ Price) \dots \dots \dots (6)$$

- b) Aliran kas operasional (*Operational Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan operasional proyek seperti; penjualan, biaya umum, dan administrasi. Oleh sebab itu aliran kas operasional merupakan aliran kas masuk (*cash in flow*) dan aliran kas keluar (*cash out flow*).

$$CF \text{ Operasional} = \sum_{n=0}^{\infty} (BOPD \times 30,5 \times \text{Lifting Cost}/\text{bbl}) \dots (7)$$

- c) Aliran kas akhir (*Terminal Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan nilai sisa proyek (nilai residu) seperti sisa modal kerja, nilai sisa proyek yaitu penjualan peralatan proyek.

$$\text{Cash Flow Akhir} = CF \text{ Awal} - CF \text{ Operasional} \dots (8)$$

### 2.7.2 Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* suatu proyek dapat didefinisikan sebagai panjangnya waktu yang diperlukan Investor untuk memperoleh kembali modal yang telah ditanamkan. Jadi POT merupakan suatu ukuran pendekatan mengenai kecepatan penerimaan *cash flow* pada awal proyek. Jika investor merencanakan suatu jumlah tertentu untuk investasi proyek, dapat dibuat hubungan dari “*account balance*” kumulatif terhadap waktu, yang digambarkan secara grafis disebut dengan kurva posisi pembayaran.

Semua pendapatan yang diterima setelah *Pay Out Time* tercapai menunjukkan keuntungan yang dihasilkan suatu proyek, dan menunjukkan modal baru yang dihasilkan oleh proyek tersebut. Jika semua faktor sama, tentunya penanaman modal akan memilih proyek dengan POT terpendek.

Untuk menentukan nilai *Pay Out Time* ini dapat dicari dengan persamaan:

$$POT = \frac{I}{CF} \dots (9)$$

POT ini merupakan salah satu parameter yang berguna untuk membandingkan kecepatan relatif penerimaan dari awal proyek. Kelemahan dari POT ini selain tidak dapat memberikan gambaran mengenai laju pendapatan setelah POT tercapai, juga tidak mempertimbangkan konsep nilai waktu dari uang.

Jadi seperti yang telah ditekankan diatas, POT ini bukanlah kriteria yang cukup untuk penilaian suatu proyek penanaman modal, tetapi mempertimbangkan kriteria yang lainnya sebelum pemilik modal memutuskan untuk memilih suatu proyek dari beberapa alternatif yang ada.

