

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Water Flooding*

Pada reservoir minyak, tekanan reservoir akan berkurang selama produksi berlangsung. Penurunan tekanan reservoir dibawah tekanan *buble point* dari hidrokarbon mengakibatkan keluarnya gas dari dalam minyak. Gelembung gas akan membentuk fasa yang bersinambungan dan mengalir ke arah sumur – sumur produksi, bila saturasinya melampaui harga saturasi *equilibrium*. Terproduksinya gas ini akan mengurangi energi yang tersedia secara alami untuk memproduksi minyak, sehingga jumlah minyak yang dapat diproduksi secara alami akan berkurang pula. Secara umum dapat dikatakan bahwa penurunan tekanan yang tidak terkontrol memberikan kontribusi terhadap pengurangan *recovery*. (Ahmed, 2006)

Waterflooding merupakan metode perolehan minyak tahap kedua dimana air diinjeksikan ke dalam reservoir untuk mendapatkan tahanan perolehan minyak yang bergerak dari reservoir minyak menuju ke sumur produksi setelah reservoir tersebut mendekati batas ekonomis produktif melalui perolehan tahap pertama. (Ahmed, 2006)

Penginjeksian air yang dimaksudkan disini merupakan penambahan energi kedalam reservoir melalui sumur-sumur tertentu, yaitu sumur injeksi. Air ini akan mendesak minyak mengikuti jalur-jalur arus (*stream line*) yang dimulai dari sumur injeksi dan berakhir pada sumur produksi. Pada suatu saat partikel air yang bergerak dari sumur injeksi ini akan sampai pada sumur produksi, pada saat dimana air mulai terproduksi. (Ahmed, 2006)

Sebelum dilakukannya *waterflooding*. Perlu adanya studi terperinci mengenai sistem injeksi air, meliputi : memahami tren kegagalan sumur injeksi, analitis kualitas air injeksi, evaluasi sistem pemantauan, studi elemen korosi dan meninjau terhadap metoda sumur injeksi yang ada. (pedro, 2010)

Selain itu, pada lapangan EP juga memperhatikan tingkat kejernihan air sebelum melakukan *water flooding*. Di lapangan EP untuk menentukan tingkat kejernihan air menggunakan alat *Newmetrix Turbelity Unit (NTU)*. Sebelum di injeksikan, tingkat kejernihan air harus kurang dari 3 NTU. (BOB)

2.2. Aliran Fluida Dalam Pipa

Secara umum aliran fluida yang mengalir didalam pipa dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe aliran yaitu “laminar” dan “turbulen”. Aliran laminar merupakan aliran apabila partikel-partikel fluida yang bergerak mengikuti garis lurus yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan sama. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relaif antara lapisan. Sedangkan aliran turbulen merupakan aliran dimana partikel-partikel fluida bergerak mengikuti lintasan sembarang disepanjang pipa dan hanya gerakan rata-rata nya saja yang mengikuti sumbu pipa. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran. Selain dari jenis aliran laminar dan aliran turbulen, terdapat jenis aliran transisi yang berarti aliran peralihan antara aliran laminar dengan aliran turbulen.

Saluran tertutup atau saluran pipa biasanya digunakan untuk mengalirkan fluida dibawah tekanan atmosfer (tampang aliran penuh), karena apabila tekanan didalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), maka aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Tekanan atmosfer adalah tekanan di permukaan zat cair disepanjang saluran terbuka. Pada pipa yang alirannya tidak penuh dan masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka.

2.2.1. Aliran fluida Satu Fasa

Aliran fluida satu fasa merupakan jenis aliran dimana hanya ada satu fasa fluida yang mengalir pada suatu media, misalnya Air, Minyak, dan Gas.

Penentuan aliran faktor gesekan untuk satu fasa fluida ditentukan dari jenis aliran nya. Pendekatan untuk penentuan faktor gesekan satu fasa dengan aliran turbulen dibuat berdasarkan kekasaran pipa. Untuk pipa halus korelasi yang harus di pertimbangkan berlaku untuk selang bilangan *Reynold* (*NRe*) yang berbeda-beda.

2.2.2. Bilangan Reynold

Dari hasil eksperimen diperoleh bahwa koefisien gesekan untuk pipa silindris merupakan fungsi dari bilangan *Reynold* (*Re*). Dalam menganalisa aliran didalam saluran tertutup, sangatlah penting untuk mengetahui tipe aliran yang mengalir dalam pipa tersebut. Untuk itu harus dihitung besarnya bilangan *Reynold* dengan mengetahui parameter-parameter yang diketahui besarnya. Besarnya *Reynold* (*Re*), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Re = \frac{\rho dv}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

d = diameter dalam pipa (m)

v = kecepatan aliran rata-rata fluida (m/s)

μ = viskositas dinamik fluida (cp)

Pada aliran fluida apabila bilangan *Reynold* kurang dari 2000 maka aliran nya adalah laminar dan jika bilangan *Reynold* lebih besar dari 4000 maka alirannya adalah turbulen. Sedangkan untuk aliran transisi maka bilangan *Reynold* berkisar antara 2000-4000.(Osisanya, 2001).

2.2.3. Macam-Macam Pipa Yang Digunakan

Pipa membawa aliran air dari satu junction node ke node lain nya dalam sebuah jaringan sistem distribusi sebagai berikut

a. Pipa Primer/Pipa Induk

Pipa utama untuk mendistribusikan air dari *Gathering Station* ke sumur-sumur injeksi melalui pipa-pipa primer. Pada lapangan umumnya panjang pipa primer berkisar 100m-1500m dan diameternya pada lapangan yaitu 20", 16", 14", 12", dan 6".

b. Pipa Sekunder

Pipa sekunder adalah pipa cabang dari pipa induk/primer menuju sumur-sumur injeksi. panjang pipa sekunder dilapangan berkisar 100m-1100m dan diameternya pada lapangan 8", 6", dan 4".

c. Pipa Tersier

Pipa tersier adalah pipa cabang dari pipa sekunder yang mendistribusikan air ke pipa penghubung ke tubing dan annulus pada sumur injeksi yang ada pada lapangan. Panjang pipa tersier yaitu kurang lebih 30m. Diameter pipa tersier adalah 2".

2.3. Persamaan De Chezy-Manning

Persamaan ini umum dipakai disaluran terbuka, tetapi dapat juga dipakai dijaringan perpipaan. Secara umum persamaan *De Chezy Manning* adalah sebagai berikut : (Faturrohman, 2012)

$$v = C\sqrt{RS} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

v = kecepatan (m/s)

R = radius hidrolis pipa

S = slope hidrolis

C = koefisien Manning, dimana $C = R^{1/6}/n$

$$Q = v \cdot \pi/4 \cdot d^2 \dots \dots \dots (3)$$

$$hL = \frac{Q^2 4^{10/3} n^2}{d^{16/3} \pi^2} L \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

h_L : headloss mayor (m)

Q : Debit Aliran (m^3/s)

L : Panjang Pipa (m)

d : diameter pipa (m)

Tabel 2.1 Nilai n untuk koefisien manning :

Lapisan Dalam Pipa	Angka
<i>Asbestos Cement Pipe</i>	0.011
Tembaga	0.011
Pipa beton	0.011
Besi tuang	0.012
<i>Galvanized Iron Pipe</i>	0.012
Pipa besi	0.012
<i>Welded steel pipe</i>	0.010
<i>Riveted steel pipe</i>	0.019
PVC	0.010
HDPE	0.010

Sumber : Dharmasetiawan 2004

2.3.1. Kerugian Headloss Mayor

Kehilangan tekanan ini terjadi akibat gesekan air dengan dinding pipa. Besarnya dapat ditentukan dengan rumus *Chezy*, rumus *Hazen-William* dan *Darcy Weisbach*. Dalam setiap elemen pipa dari sistem jaringan, terdapat hubungan antara kehilangan Tekanan dan debit air (Joko, 2010).

2.3.2. Kerugian Headloss Minor

Pada suatu jalur pipa terjadi kerugian atau kehilangan tekanan karena kelengkapan pipa seperti pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya yang disebut dengan kerugian minor (*minor loss*).

Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dirumuskan (Larrock, Jeppson, Watters, 2000) :

$$hm = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

k = koefisien kerugian (dari lampiran koefisien *minor losses* peralatan pipa)

v = kecepatan aliran *fluida* dalam pipa (m/s)

g = kecepatan gravitasi (m/s²)

Tabel 2.1 Nilai koefisien kerugian untuk beberapa kelengkapan pipa

Fitting	K_L
Globe valve, fully open	10.0
Angle valve, fully open	5.0
Butterfly valve, fully open	0.4
Gate valve, fully open	0.2
$\frac{3}{4}$ open	1.0
$\frac{1}{2}$ open	5.6
$\frac{1}{4}$ open	17.0
Check valve, swing type, fully open	2.3
Check valve, lift type, fully open	12.0
Check valve, ball type, fully open	70.0
Foot valve, fully open	15.0
Elbow, 45°	0.4
Medium radius elbow 90°	0.8
Short radius (standar) elbow, 90°	2.2
Close return bend, 180°	0.1
Pipe entrance, rounded, $r/D < 0.16$	0.1
Pipa entrance, square-edged	0.5
Pipa entrance, re-entrant	0.8
Long radius elbow	0.6

Sumber : Larrock, Jeppson, Watters. *Hidraulics for Pipeliners*. 2000. *Chapters II*

2.4. Faktor Gesekan (*Friction*)

Faktor gesekan pada pipa ditentukan berdasarkan jenis aliran yang terjadi pada pipa. Jenis aliran tersebut yaitu aliran Laminer dan aliran Turbulen.

Untuk menghitung faktor gesekan pada aliran Laminer maka menggunakan persamaan *Hagen Poiseuille*, (Akhmad Aziz Fathurrohman,2012).

$$f_m = \frac{64\mu}{\rho V d} = \frac{64}{Nre} \dots\dots\dots(6)$$

Pada aliran turbulen, perhitungan tidak bisa dihitung secara analitis, tergantung pada bilangan *Reynold* dan kekasaran relative, dan harus ditentukan secara empiris menggunakan grafik, tabel, dan persamaan empiris. Beberapa persamaan yang digunakan untuk menentukan koefisien berdasarkan Bilangan *Reynold* yaitu: (Akhmad Aziz Fathurrohman,2012).

Persamaan Blasius

$$f = \frac{0.316}{Nre^{0.25}} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2\varepsilon}{d} + \frac{18.7}{Nre \sqrt{fg}} \right) \dots\dots\dots(8)$$

dimana

- f = Faktor Gesekan (friction)
- Nre = Bilangan Reynold
- D = Diameter
- ε = koefisien
- ρ = densitas

2.5. Kehilangan Energi Karena Gesekan pada pipa

Kehilangan energi akibat gesekan disebut juga kehilangan primer atau mayorlose. Terjadi akibat adanya kekentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas pipadan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan tenaga disepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam. Kehilangan tenaga sepanjang satuan panjang akan konstan selama kekasaran tidak berubah.(Triatmodjo, 1996)

2.6. Persamaan Hazen-william

Secara umum persamaan *Hazen-william* adalah sebagai berikut. (jacimovic, stamenic, Kolendic, Dorvedic, Radanor, & Vadic, 2015)

$$hL = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

- C : Koefisien Hazen-William
- D : diameter pipa
- hL : headloss mayor
- L : Panjang Pipa
- Q : debit aliran

2.7. Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan *Darcy Weisbach* diturunkan secara sistematis dan menyatakan bahwa :

“kehilangan tekanan sebanding dengan kecepatan kuadrat dari aliran air, panjang pipa dan berbanding terbalik dengan diameter”(Keiler,2015)

Persamaan *Darcy Weisbach* sebagai berikut :

$$hL = f \left(\frac{L}{d} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(10)$$

dimana

- L : Panjang Pipa (m)
- d : diameter pipa (m)
- v : kecepatan Aliran (m/s)