BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *RECOVERY FACTOR*

Jumlah *Recovery factor* ialah jumlah hidrokarbon yang awalnya berada di reservoir, biasanya dinyatakan dalam persentase. *Recovery factor* merupakan fungsi dari mekanisme perpindahan hidrokarbon. Dan tujuan terpenting dari metode EOR (*Enhanced Oil Recovery*) ialah untuk meningkatkan *recovery factor* (Schulmberger, 2017).

Sebagian besar produksi minyak dari lapangan-lapangan di Indonesia telah mengalami penurunan, walaupun berbagai usaha telah dilakukan, seperti aplikasi EOR, *infill drilling*, *workover* dan eksplorasi. Dengan harga minyak yang mulai meningkat, setiap metoda peningkatan produksi (yang cocok) pada dasarnya secara ekonomis dapat diterapkan (IATMI, 2012). Untuk jumlah cadangan yang dapat diperoleh dipermukaan, maka terlebih dahulu perlu diketahui harga *recovery factor* (RF) yaitu perbandingan antara *recoverable reserve* dengan *initial oil in place* (fraksi), atau dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$RF = \frac{recoverable\ reserve}{initial\ oil\ in\ place}$$

$$= \frac{\text{Volume injeksi}}{\text{Volume minyak awal}} \quad \text{.....} \quad (1)$$

2.2. PENENTUAN POROSITAS

Porositas adalah volume rongga dalam batuan berbanding dengan volume total batuan. Porositas efektif adalah rongga dalam batuan yang berhubungan satu dengan yang lainnya (Koesoemadinata, 1980).

Pada penelitian ini peneliti mencari porositas (ø) saat sebelum proses injeksi pertama kali akan dilakukan, dengan rumus sebagai berikut **:**

Universitas Islam Riau

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

$$\emptyset = \left(\frac{\text{massa } core \text{ basah} - \text{massa } core \text{ kering}}{\rho_{oil}}\right) \Big/ \text{Vb} \quad \text{..... (2)}$$

Dimana untuk mencari Vb menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Vb} = \left(3{,}14 * \text{d}_{core}{}^2 * \text{l}_{core}\right) \Big/ 4 \quad \text{..... (3)}$$

Menurut Koesoemadinata pada tahun 1980, Penentuan porositas saat dilapangan bersifat semi kuantitatif dan dipergunakan suatu skala sebagai berikut :

Tabel 2.1 Skala Porositas (Koesoemadinata, 1980)

0 – 5%	Dapat Di Abaikan (*Negligible*)
5 – 10 %	Buruk (*Poor*)
10 – 15%	Cukup (*Fair*)
15 – 20 %	Baik (*Good*)
20 – 25%	Sangat Baik (*Very Good*)
25%	Istimewa (*Excellent*)

2.3. PENENTUAN PERMEABILITAS

Permeabilitas adalah sifat batuan untuk meluluskan cairan melalui pori - pori yang berhubungan tanpa merusak partikel. Untuk penentuan Permeabilitas pada penelitian ini tidak menggunakan alat *gas permeameter* dikarenakan alat tersebut tidak dapat bekerja dengan sempurna. Sehingga peneliti menggunakan korelasi dari Kozeny-Carman pada tahun 1958 sebagai berikut (Djebbar Tiab, 2004 Hal. 111):

$$\text{S}_{\text{Vgr}} = \frac{6}{\text{d}_{\text{gr}}} \quad \text{..... (4)}$$

$$\text{k} = \left(\frac{1}{2\text{S}_{\text{Vgr}}{}^2}\right)\frac{\emptyset}{(1-\emptyset)^2} \quad \text{..... (5)}$$

Secara perkiraan di lapangan skala permeabilitas dapat juga dilakukan pemberian semikuantitatif sebagai berikut:

Tabel 2.2 Skala Permeabilitas (Koesoemadinata, 1980)

< 5 mD	Ketat (*Tight*)
5 – 10 mD	Cukup (*Fair*)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

10 – 100 mD	Baik (*Good*)
100 – 1000 > mD	Baik Sekali (*Very Good*)

2.4. PENENTUAN VISKOSITAS

Viskositas merupakan daya hambatan yang dilakukan suatu cairan jika suatu benda berputar pada cairan tersebut (A. Hardjono, 2007, dalam Makharani, 2012). Untuk perhitungan viskositas pada penelitian ini tidak menggunakan alat dikarenakan perhitungan dari alat tersebut tidak akurat, oleh sebab itu peneliti menggunakan korelasi Glaso dengan asumsi tekanan *atmosphere* (1 atm). Suhu yang digunakan dalam *Rankine* dan tidak ada gas di dalam minyak (*dead oil*), dengan korelasi sebagai berikut (Tarek Ahmed, 2006 Hal. 117):

$$\mu = \left(3{,}14\ (10^{10})\right)(\mathrm{T} - 460)^{-3{,}444}(\log \mathrm{API})^{a} \quad (6)$$

Dimana a :

$$a = 10{,}313\ (\log(\mathrm{T} - 460)) - 36{,}447 \quad (7)$$

Peneliti menggunakan suhu 70 ^{o}C yang didapatkan dari penelitian sebelumnya, yang menggunakan suhu yang tinggi dan suhu yang rendah (Revia Nanda, 2011), untuk proses perhitungan dapat dilihat pada lampiran I halaman 42.

2.5. *ENHANCED OIL RECOVERY*

Enhanced oil recovery atau produksi tahap lanjut merupakan tenaga buatan yang diinjeksikan ke dalam reservoir melalui sumur injeksi dengan tujuan untuk mendorong minyak atau gas yang tersisa menuju sumur produksi dengan harapan jumlah minyak yang diperoleh dapat meningkat sehingga *recovery factor* dapat ditingkatkan (James Sheng, 2011, dalam Damanik Masrin, 2018). Salah satu injeksinya ialah injeksi zat kimia, yang merupakan metode EOR *(Enhanced Oil Recovery*) dengan menginjeksikan zat adiktif kimia ke dalam reservoir, dengan tujuan utama untuk mengubah sifat fisik fluida dan batuan reservoir yang berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi pendesakan dan penyapuan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas EOR, dapat dilihat dari kondisi reservoir dan kondisi fluida. Apakah fluida injeksi sesuai dengan batuan dan

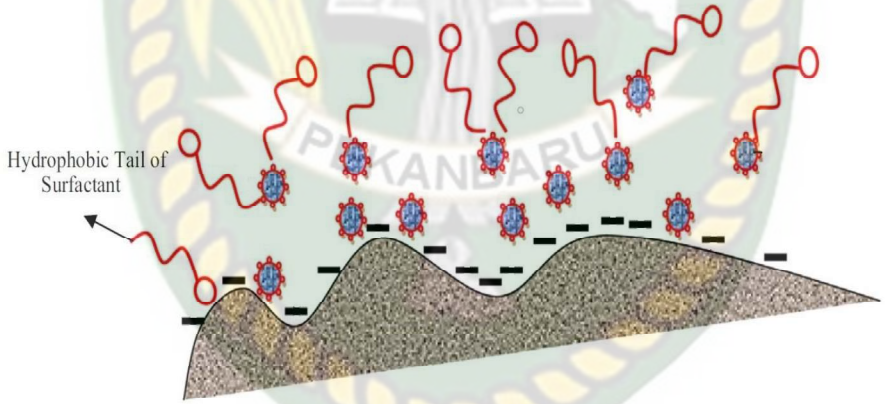
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

fluida reservoir, dan apakah fluida injeksi tersedia dalam jumlah yang cukup selama masa produksi (Septoratno, 2005).

- Kedalaman
- Kemiringan Lapisan
- Tingkat Homogenitas
- Sifat-sifat Petrofisik
- Mekanisme Pendorong
- Cadangan Minyak Sisa
- Saturasi Minyak Tersisa
- Rasio Mobilitas (*Mobility Ratio*)

Ada 3 tipe adiktif umum yang termasuk dalam injeksi kimia, yaitu injeksi *polymer, surfactant,* dan *alkaline.* Namun dalam penelitian saat ini, penggunaan *chemicals* yang digunakan ialah surfaktan dengan percampuran *nanotechnology*.

2.5.1 *Surfactant Chemical*



Gambar 2.1 Kinerja Surfaktan Di Batuan *Sandstone*

Istilah *surfactant* adalah perpaduan antara *surface acting agent*. Larutan surfaktan biasanya senyawa organik yang amphiphilic, yang berarti rantai senyawanya hidrokarbon ialah (hidrofobik, "ekor") dan hidrofilik ("kepala"). Oleh karena itu, keduanya larut dalam pelarut organik dan air. Bagian tersebut menyerap atau berkonsentrasi pada permukaan atau antarmuka fluida untuk mengubah sifat

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

permukaan secara signifikan. Secara umum surfaktan dapat mengurangi tegangan permukaan atau tegangan antarmuka (IFT) (James Sheng, 2011, Hal. 239)

Larutan surfaktan dapat diklasifikasikan menurut sifat ioniknya, seperti anionik, kationik, nonionik, dan zwitterionik (James Sheng, 2011, dalam Ottewill, 1984). Surfaktan anionic paling banyak digunakan dalam proses kimia EOR karena menunjukan sifat adsorpsi yang rendah pada batuan pasir yang muatan permukaannya negatif.

Surfaktan yang paling umum digunakan dalam Injeksi surfaktan adalah *Sulfonated Hydrocarbon*. Istilah *crude oil sulfonates* mengacu pada produk saat minyak mentah disulfonasi (Disulfonasi ialah reaksi antara asam aromatik dengan asam sulfat) setelah mencapai permukaan. *Petroleum Sulfonates* adalah *sulfonates* yang diproduksi ketika aliran minyak yang berat molekulnya disulfonasi, dan sulfonat sintetis adalah produk senyawa organik yang relatif murni saat disulfonasikan (Green dan Willhite, 1998, dalam James Sheng, 2011).

2.5.2 Klasifikasi Surfaktan

Pada studi laboratorium ini, peneliti menggunakan surfaktan AOS (*Alpha Olefin Sulfonate*). Yang pada buku James Sheng menjelaskan kestabilan *thermal* meningkat sesuai urutannya yang dibuat oleh Ziegler, 1998

petroleum sulfonates < alpha olefin sulfonates < alkylarysulfonates

Pada umumnya, surfaktan sulfat memiliki toleransi yang lebih besar terhadap ion divalent (James Sheng, 2011). Jenis surfaktan *alpha olefin sulfanates* (AOS) memiliki struktur yang linear, sensitif terhadap oksigen, yang mempengaruhi batuan yang tak terjenuhkan (Labrid, 1991, dalam James Sheng, 2011).

Berdasarkan gugus hidrofiliknya, molekul surfaktan dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan nonionik, dan surfaktan amfoterik (Rieger, 1985, dalam Rosen, 2004). Surfaktan anionik adalah molekul yang bermuatan negatif pada gugus hidrofilik atau permukaan aktif (*surface-active)*, seperti gugus sulfat atau sulfonat. Surfaktan kationik adalah senyawa yang bermuatan positif pada gugus hidrofilik atau pada bagian

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

permukaan aktif (*surface-active)*. Surfaktan nonionik adalah surfaktan yang tidak bermuatan atau tidak terjadi ionisasi molekul. Surfaktan amfoterik adalah surfaktan yang bermuatan positif dan negatif pada molekulnya, dimana muatannya bergantung kepada pH. Pada pH rendah akan bermuatan negative dan pada pH tinggi akan bermuatan positif (Matheson, 1996, dalam Rosen, 2004).

Pada penelitian ini peneliti menggunakan surfaktan yang bermuatan anionik (negatif), dimana surfaktan anionik sangat baik digunakan untuk stimulasi batuan *sandstone*. Adanya unsur silika pada batuan *sandstone* yang bermuatan negatif (-) akan menyebabkan *water wet* pada formasi batuan *sandstone* tersebut. Kondisi ini akan menyebabkan turunnya gaya adhesi antar minyak dan batuan sehingga minyak akan lepas dan akan lebih mudah untuk mengalir (Allen dan Robert, 1993 Hal. 113).

2.6. *NANOTECHNOLOGY*

Penerapan nanoteknologi di industri minyak dan gas semakin meningkat sebagaimana dibuktikan dengan banyaknya penelitian yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Pencarian untuk mengembangkan teknologi ini yang dapat mengubah bisnis migas agar mengatasi tantangan yang dihadapi industri migas tersebut yang telah mendorong pertumbuhan nanoteknologi ini. Beberapa nanopartikel, dengan ukuran berbeda dan pada konsentrasi yang berbeda, telah digunakan dalam banyak penyelidikan. (Muili Feyisitan Fakoya dan Subhash Nandlal Shah, 2017)

Selama bertahun-tahun, telah ditemukan bahwa transisi dari partikel yang berukuran mikropartikel ke partikel yang jauh lebih kecil ukurannya untuk menghasilkan revolusi dalam banyak industri termasuk industri minyak dan gas. penggunaan nanopartikel dalam berbagai aplikasi telah menghasilkan bidang sains dan teknologi baru. Bidang tersebut dinamakan nanoteknologi, dimana nanoteknologi berkaitan dengan desain, karakterisasi, produksi dan penerapan bahan dan perangkat berdasarkan skala nanometer. Sama halnya dengan nanopartikel, yaitu zat dengan dimensi sesuai urutan 1-100 nm (nanometer). Nanopartikel memiliki sifat unik karena ukurannya yang sangat kecil dan luas

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

permukaan yang lebih besar per satuan volume; Dengan demikian, nanopartikel menunjukkan reaksi yang lebih tinggi terhadap molekul lainnya (Md. Amanullah et al, 2009, dalam Fakoya, 2017).

Pada penelitian sebelumnya juga dapat diketahui bahwa, penambahan nanosilika saat *waterflooding* dapat meningkatkan *recovery factor* walaupun *core* yang digunakan mempunyai porositas dan permebailitas yang kecil (Mursyidah Umar, Adi Novriansyah, Novia Rita dan Ayyi Husbani, 2015).

Ada berbagai bidang ilmu lapangan yang berhubungan dengan nanoteknologi, dengan praktik yang berbeda dan terkadang praktik yang berhubungan terhadap industri minyak dan gas. Namun kali ini, peneliti hanya berfokus pada *Enhanced Oil Recovery* menggunakan nanopartikel.

2.6.1 *Enhanced Oil Recovery* Menggunakan Nanopartikel

Proses pengangkutan dan retensi (ketahanan) dari sifat nanopartikel pada batuan *dolomite* dan *sandstone* yang dimana batuan diselidiki dalam kondisi salinitas tinggi. Dimana nanopartikel karbon akan berefek terhadap perawatan di permukaan. Batuan *dolomite* juga diketahui bermuatan positif karena banyaknya ion *calcium* dan *magnesium* (Ca^{2+} dan Mg^{2+}), dimana *sandstone* bermuatan negatif karena di batuan *sandstone* senyawa yang lebih dominan ialah senyawa *silica* (J. Berlin et al, 2016, dalam Fakoya, 2017,).

Konduktivitas thermal yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan partikel berukuran yang berukuran nano. Sehingga dapat disimpulkan, fraksi volume nano dapat membantu dalam pendistribusian panas yang lebih cepat. Studi kasus lainnya yaitu terjadi pengurangan viskositas minyak berat (*Heavy oil)* karena penambahan cairan nano berbasis surfaktan. Percobaan yang telah dilakukan oleh A. Srinivasan berserta kerabatnya melibatkan penggunaan nanopartikel tembaga-oksida dan dua sampel minyak berat. Kemudian emulsi nano yang disiapkan dicampur dengan sampel minyak berat, dan hasilnya menunjukkan bahwa pengurangan viskositas maksimum terjadi pada konsentrasi partikel nano dengan berat optimum sebesar 0,02% wt (A. Srinivasan et al, 2014, dalam Fakoya, 2017,).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.7. *MEDIUM OIL*

Medium oil termasuk salah satu klasifikasi dari *crude oil* yang mempunyai berta jenis serta viskositas yang terbilang tidak berat dan juga tidak ringan, namun pada suhu ruangan *medium crude oil* tidak membeku dan dengan mudah untuk mengalir. Untuk menghitung API menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{API Minyak} = \left(\frac{141{,}5}{\text{Densitas Minyak}}\right) - 131{,}5 \quad \text{..... (8)}$$

(*National Programme on Technology Enhanced Learning*, 2006)

Berikut ialah klasifikasi *crude oil* menurut tingkat keringanan minyaknya adalah (Agència Nacional Do Petróleo, 2002) :

1. *Light crude oil*

   Memiliki nilai API *gravity* besar dari 31,1 °API (Nilai viskositas berkisar 40-1000 cP

2. *Medium crude oil*

   Memiliki nilai API *gravity* antara 22,3 °API – 31,1 °API (Nilai viskositas berkisar 1000-10000 cP)

3. *Heavy crude oil*

   Memiliki nilai API *gravity* kurang dari 22,3 °API (Nilai viskositas lebih besar dari 10000 cP)

2.8. *BRINE*

Brine atau disebut juga air formasi sintetis merupakan larutan yang dibuat dengan mencampur air (*aquades)* dan garam (NaCl analisa) dengan komposisi tertentu. Komposisi tersebut guna untuk menentukan dalam derajat salinitasnya. Semakin tinggi salinitasnnya makan konduktivitas akan semakin tinggi (P. Evan Dresel & Arthur W. Rose, 2010 Hal. 29).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :