

Pengaruh Injeksi Surfactant Terhadap Nilai Recovery Factor dan Cumulative Production

Tiara Ananda¹, Shafa Dewi Aqilah¹

¹Universitas Pertamina

INFORMASI NASKAH

Diterima : 29 Agustus 2023

Direvisi : 21 Mei 2024

Disetujui : 21 Mei 2024

Terbit : 28 Mei 2024

Email korespondensi:

tiara.ananda0703@gmail.com

Laman daring:

<https://doi.org/10.37525/sp/2024-1/491>

ABSTRAK

Dengan adanya beragam kekayaan yang dimiliki Indonesia, kekayaan dalam hal sektor energi dan mineral masih menjadi tumpuan energi utama negara ini, terutama dalam sektor industri perminyakan. Akan tetapi, cadangan minyak yang ada akan terus mengalami penyusutan jika tidak adanya tambahan produksi. Oleh karena itu, perlu adanya suatu metode lanjutan agar cadangan minyak yang ada tidak mengalami penyusutan yang berakibat tidak seimbangnya tumpuan energi Indonesia. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menambah nilai perolehan minyak yaitu melalui metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR).

Metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) adalah metode peningkatan produksi dengan cara menginjeksikan energi eksternal untuk dapat memproduksi minyak ketika metode *primary* dan *secondary* tidak bisa memproduksi lagi secara ekonomis. Dalam penelitian kali ini akan dibahas mengenai pengaruh injeksi surfaktan dalam metode EOR terhadap perolehan nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi dalam sumur yang telah dilakukan *water flooding* sebelumnya. Percobaan ini menggunakan 3 parameter (*temperature*, laju, dan konsentrasi) yang dilakukan dalam STARS *module* pada CMG *software*. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu hanya parameter *injection rate* dan konsentrasi yang hanya memengaruhi nilai *oil recovery factor* (RF) dan *oil cumulative production*.

Kata kunci: *Enhanced Oil Recovery*, *Surfactant*, *CMG Software*, *Oil Recovery Factor*, dan *Oil Cumulative Production*



PENDAHULUAN

Dengan adanya beragam kekayaan yang dimiliki Indonesia, kekayaan dalam hal sektor energi dan mineral masih menjadi tumpuan energi utama negara ini, terutama dalam sektor industri perminyakan. Berdasarkan data yang ada pada Laporan Analisis Neraca Energi Nasional 2022, jika cadangan minyak bumi yang ada yaitu sekitar 3.95 miliar barrel. Angka ini terbilang cukup besar tetapi, jika dibandingkan dengan cadangan minyak bumi yang ada pada tahun 2020, angka ini mengalami selisih yang cukup besar. Angka ini akan terus mengalami penyusutan jika tidak adanya tambahan produksi untuk cadangan. Oleh sebab itu, untuk mendukung ketahanan energi dibutuhkan suatu metode untuk meningkatkan ketersediaan cadangan minyak baik dengan teknologi maupun dengan metode lanjutan dalam kegiatan produksi.

Salah satu metode lanjutan dalam kegiatan produksi untuk meningkatkan cadangan minyak yaitu melalui metode peningkatan perolehan minyak dan gas tahap lanjut atau *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Secara umum, kegiatan produksi untuk pengangkatan fluida terbagi menjadi tiga bagian, yaitu metode sembur alam (*natural flow*), pengangkatan buatan (*artificial lift*), dan metode peningkatan perolehan migas lanjut (*enhanced oil recovery*/EOR).

Metode *primary* merupakan metode pengangkatan fluida reservoir ke permukaan menggunakan tenaga dorong dari tekanan reservoir itu sendiri sedangkan metode *secondary* merupakan metode untuk mendorong fluida reservoir ke sumur bor dengan menggunakan serangkaian *downhole pump*. Salah satu metode *secondary* yaitu dengan *water flooding*. *Water flooding* merupakan metode yang digunakan dalam tahap *secondary recovery* dengan cara menginjeksikan air ke formasi. Tujuan dari adanya injeksi ini yaitu untuk mendesak minyak untuk mengalir menuju sumur dan untuk menjaga tekanan reservoir agar tetap seimbang (Andalucia & Hafidz, 2016).

Lebih lanjut, metode yang digunakan ketika metode *secondary* ini sudah tidak mampu mendorong produksi minyak lagi yaitu dengan dilakukannya metode *tertiary*. Metode *tertiary* atau EOR ini yaitu metode peningkatan produksi dengan cara menginjeksikan energi eksternal untuk dapat memproduksi minyak ketika metode *primary* dan *secondary* tidak bisa memproduksi lagi secara ekonomis (SKK Migas, 2015). Metode EOR ini terbagi menjadi beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan jenis material yang diinjeksikannya, salah satu contoh untuk jenis dari metode injeksi EOR ini yaitu *chemical flooding* (Putra & Kiono, 2021).

Chemical flooding adalah salah satu metode EOR dengan menginjeksikan air yang bercampur dengan zat kimia ke dalam sumur untuk menaikkan perolehan minyak. Dengan dilakukannya *chemical flooding* maka akan menaikkan nilai efisiensi penyapuan dan akan menurunkan nilai saturasi minyak.

Chemical flooding ini cocok digunakan pada reservoir yang memiliki kedalaman dan suhu yang rendah. Suhu ini berperan penting dalam stabilitas termal pada bahan kimia karena bahan kimia akan terdegradasi saat mencapai suhu yang membatasinya (Hartono et al, 2017). Contoh dari adanya *chemical flooding* yang digunakan pada metode EOR ini yaitu dengan penginjeksian surfaktan. Surfaktan merupakan jenis *chemical flooding* berupa senyawa aktif yang terdiri dari susunan gugus hidrofilik dan lipofilik (Febiyanti et al, 2013). Penggunaan surfaktan ini ditujukan untuk menurunkan nilai *interfacial tension* (IFT) antara minyak dan air.

Penggunaan surfaktan ini tentunya berpengaruh dalam perolehan nilai *recovery factor* (RF) suatu sumur produksi. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini akan dibahas mengenai pengaruh injeksi surfaktan terhadap perolehan nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi dalam sumur yang telah dilakukan *water flooding* sebelumnya. Penelitian ini menggunakan beberapa uji parameter untuk melihat pengaruh surfaktan terhadap nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi tersebut terhadap *base scenario* yang digunakan.

Penelitian ini berfokus pada efek injeksi surfaktan dalam metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) terhadap peningkatan *recovery factor* (RF) pada sumur produksi yang sebelumnya telah menjalani *water flooding*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh parameter injeksi,



yaitu suhu, laju injeksi, dan konsentrasi surfaktan, terhadap *recovery factor* (RF) dan produksi kumulatif minyak. Dengan memahami dampak dari parameter-parameter ini, diharapkan dapat ditemukan metode yang optimal untuk meningkatkan produksi minyak secara efisien dan ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh injeksi surfaktan terhadap peningkatan nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi pada sumur produksi yang telah dilakukan *water flooding* sebelumnya. Studi ini diharapkan dapat menyediakan data empiris mengenai efektivitas injeksi surfaktan dalam meningkatkan produksi minyak serta memberikan rekomendasi teknis bagi industri perminyakan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendukung ketahanan energi nasional dengan meningkatkan cadangan minyak, tetapi juga menawarkan solusi teknologi yang efisien dan aplikatif untuk tantangan yang dihadapi sektor perminyakan Indonesia.

METODE PENELITIAN

Pada percobaan kali ini, penulis menggunakan *secondary recovery (water flooding)* sebagai *baseline* dan menggunakan *tertiary secondary (surfactant flooding)* sebagai parameternya. Pada *tertiary recovery* penulis menggunakan 3 parameter dalam STARS *module* pada CMG *software*. Parameter tersebut terdiri dari analisis *temperature* injeksi, laju injeksi aliran, dan konsentrasi injeksi yang memengaruhi nilai *recovery factor* (RF) dan nilai *cumulative production* pada sumur tersebut.

Tabel 1. Skenario dan Parameter Uji

Skenario	Temperature (°C)	Inj. Flow Rate (ft ³ /day)	Concentration (mole fraction)
0	5	8768	0.00386
1	50	8786	0.00386
2	100	8786	0.00386
3	170	8786	0.00386
4	5	7000	0.00386
5	5	9000	0.00386
6	5	12000	0.00386
7	5	8786	0.003
8	5	8786	0.005
9	5	8786	0.007

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam percobaan kali ini penulis akan melakukan beberapa skenario dengan parameter yang akan mempengaruhi kinerja dari surfaktan yang akan diinjeksikan nantinya. Parameter tersebut yaitu suhu, laju injeksi, serta konsentrasi surfaktan. Skenario yang telah disiapkan digunakan untuk melihat pengaruh dari parameter yang telah dipilih terhadap *Oil Recovery Factor* dan *Oil Cumulative Production* yang dihasilkan.

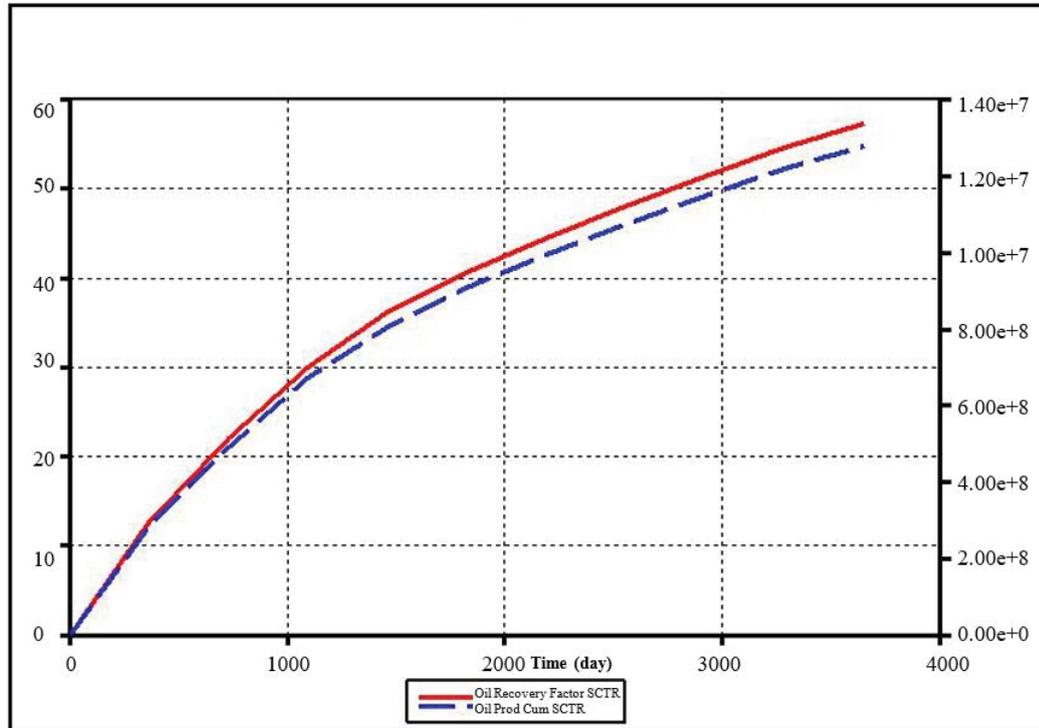
A. Base Scenario

Base scenario dijadikan sebagai parameter dasar untuk membandingkan setiap parameter yang ada berdasarkan masing-masing skenario yang telah disiapkan. Untuk *base scenario* digunakan *temperature*

sebesar 5°C, laju injeksi sebesar 8786 ft³/day, dan konsentrasi sebesar 0.00386 mole fraction. Berikut merupakan nilai dari *Oil Recovery Factor* (RF) dan *Oil Cumulative Production* dari *base scenario*.

Tabel 2. Base Scenario - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Oil Recovery Factor (SCTR)	Oil Cummulative Production (SCTR)
57.8 %	1.3 E+07



Grafik 1. Base Scenario - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

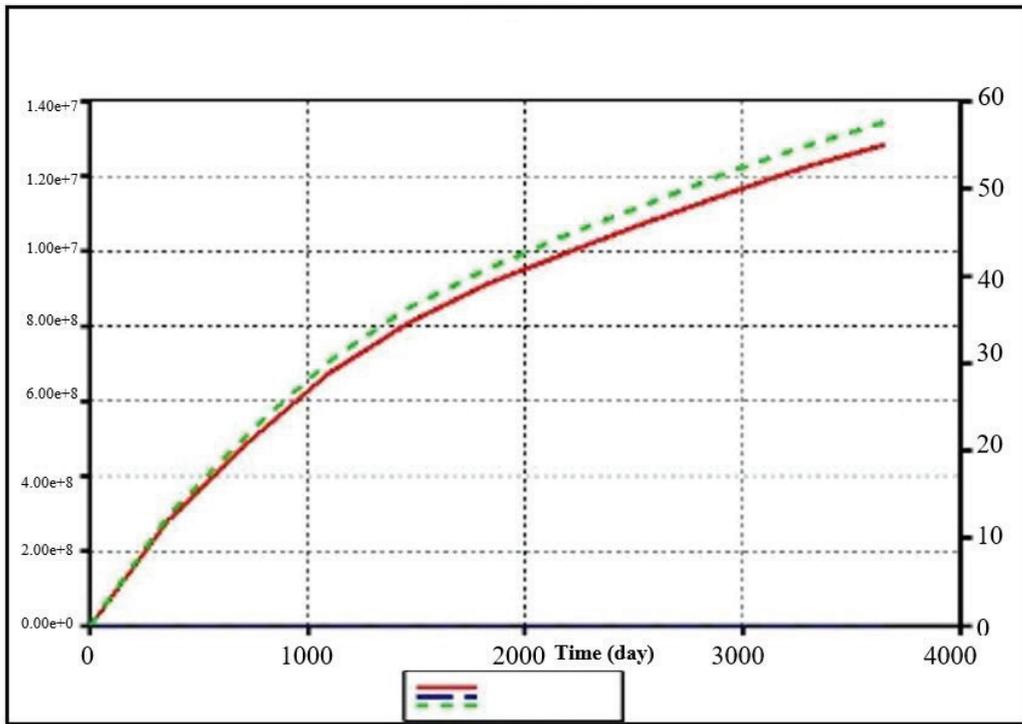
B. Parameter Temperature

Salah satu parameter yang dapat memengaruhi injeksi surfaktan yaitu pengaruh *temperature*. *Temperature* berperan penting dalam menjaga stabilitas termal pada surfaktan yang diinjeksikan karena pada suhu tertentu (*temperature* maksimal) maka surfaktan akan terdegradasi. Pada percobaan ini uji parameter dilakukan pada *temperature* 50°C, 100°C, dan 170°C yang akan dibandingkan dengan *base scenario*.

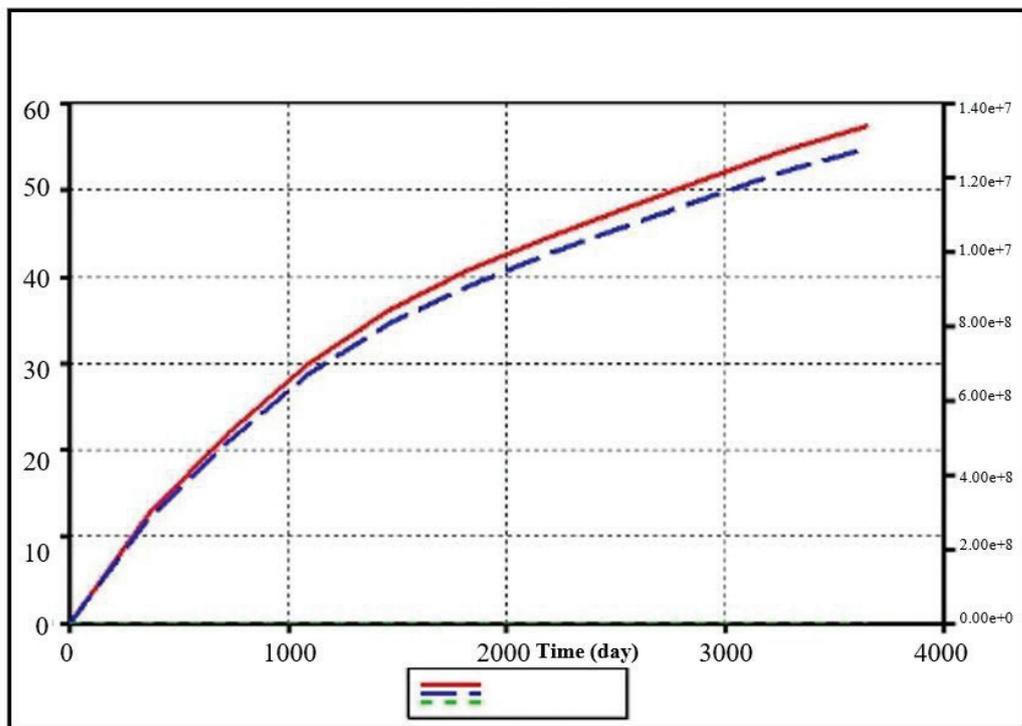
Tabel 3. Parameter Temperature - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Temperature (°C)	Oil Recovery Factor (SCTR)	Oil Cumulative Production (SCTR)
50	57.6 %	1.29 E+07
100	57.35 %	1.28 E+07
170	57.2 %	1.29 E+07

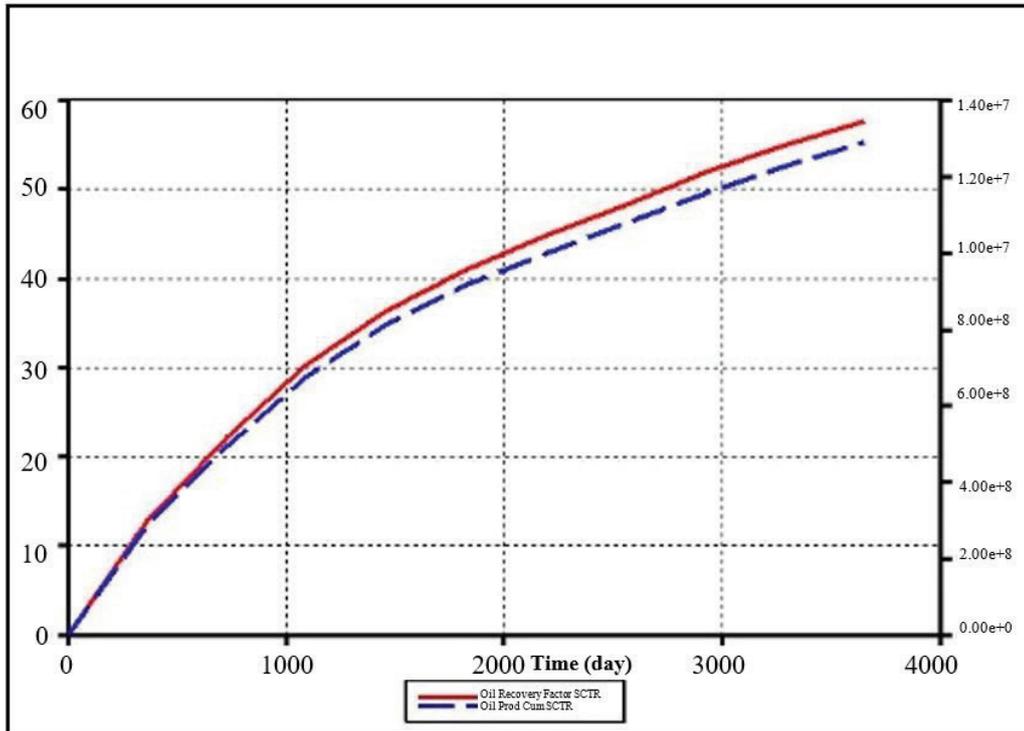




Grafik 2. Temperature 100° - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production



Grafik 3. Temperature 100° - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production



Grafik 4. Temperature 100° - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Berdasarkan kurva yang tertera diatas perubahan *temperature* tidak memengaruhi nilai *Oil Recovery Factor* (RF) dan *Oil Cumulative Production* secara signifikan. Hal ini disebabkan ketiga *temperature* yang diujikan menunjukkan nilai yang sama dengan hasil uji pada *base scenario*.

C. Parameter Injection Rate

Sesuai dengan teori jika *injection rate* dapat menyebabkan perubahan cukup besar pada *Oil Recovery Factor* (RF) karena *injection rate* memengaruhi nilai *capillary number*

$$N_c = \frac{v\mu}{\sigma} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

v = *velocity*

μ = *viskositas*

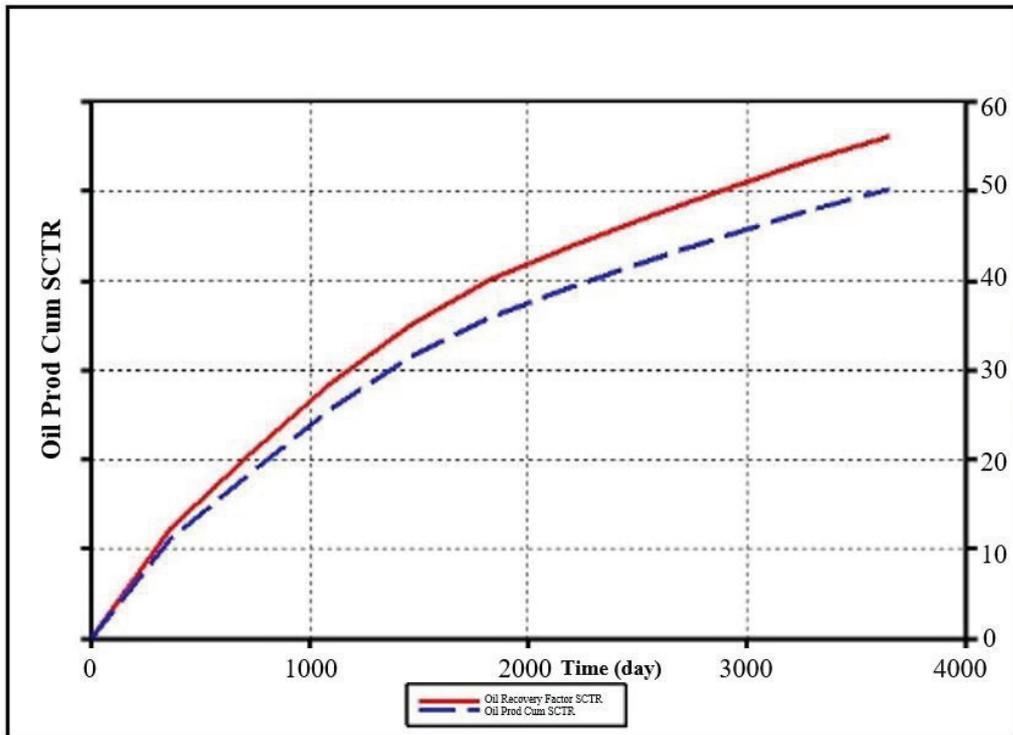
σ = *interfacial tension (IFT)*

Pada rumus tersebut menunjukkan bahwa nilai *capillary number* dipengaruhi oleh kecepatan injeksi (*velocity*) dan *interfacial tension* (IFT). Semakin tinggi nilai *capillary number* maka akan lebih tinggi *recovery factor* (RF) yang didapatkan. Untuk mendapatkan nilai *capillary number* yang tinggi maka nilai *interfacial tension* (IFT) harus serendah mungkin. Dengan rendahnya *interfacial tension* (IFT) maka semakin tinggi nilai *oil cumulative production* yang diikuti meningkatnya pula nilai *oil recovery factor* (RF). Pada percobaan kali ini *injection rate* yang digunakan yaitu 7000 ft³/day, 9000 ft³/day, dan 12000 ft³/day.

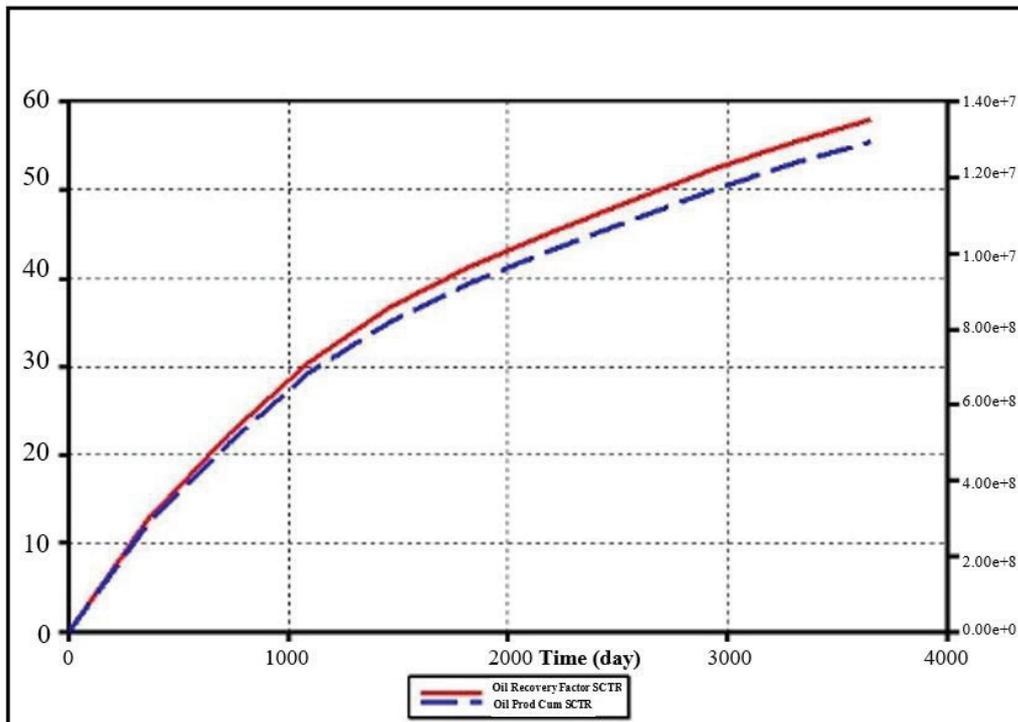


Tabel 4. Parameter Rate - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Injection Rate (ft ³ /day)	Oil Recovery Factor (SCTR)	Oil Cumulative Production (SCTR)
7000	50.3 %	1.2 E+07
9000	58 %	1.3 E+07
12000	59.5 %	1.33 E+07

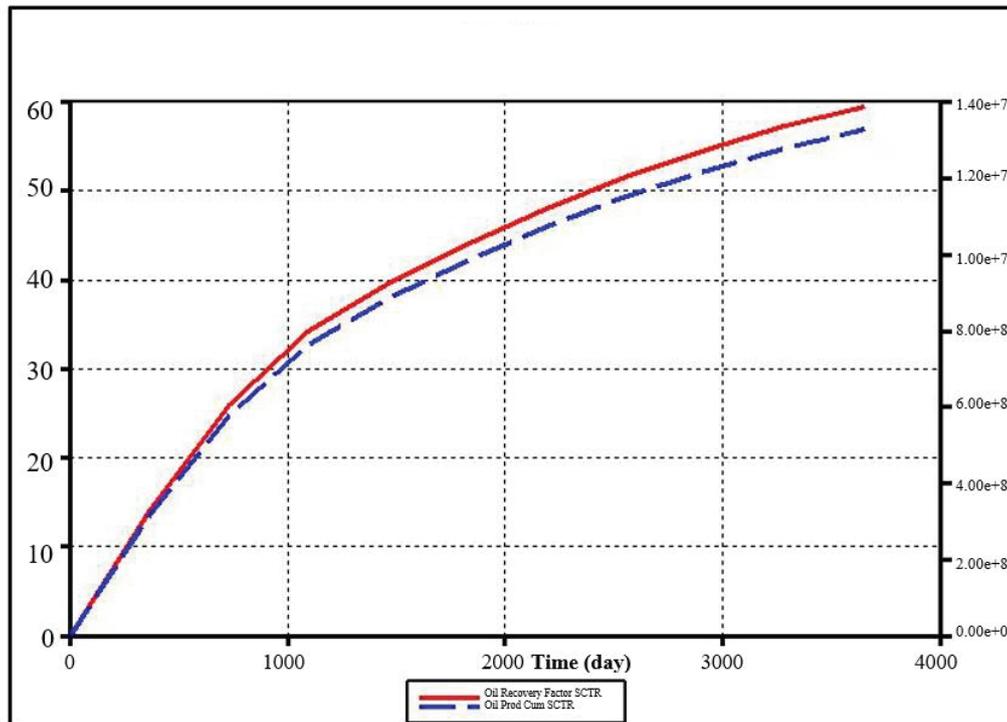


Grafik 5. 7000 ft³/day - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production



Grafik 6. 9000 ft³/day - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production





Grafik 7. 12000 ft3/day - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Berdasarkan kurva yang didapatkan *injection rate* memengaruhi nilai *oil recovery factor* (RF) dan nilai *oil cumulative production*. Kenaikan nilai *oil recovery factor* (RF) dan *oil cumulative production* sebanding dengan kenaikan nilai *injection rate*. Dengan itu maka persamaan nilai *capillary number* dapat terbukti.

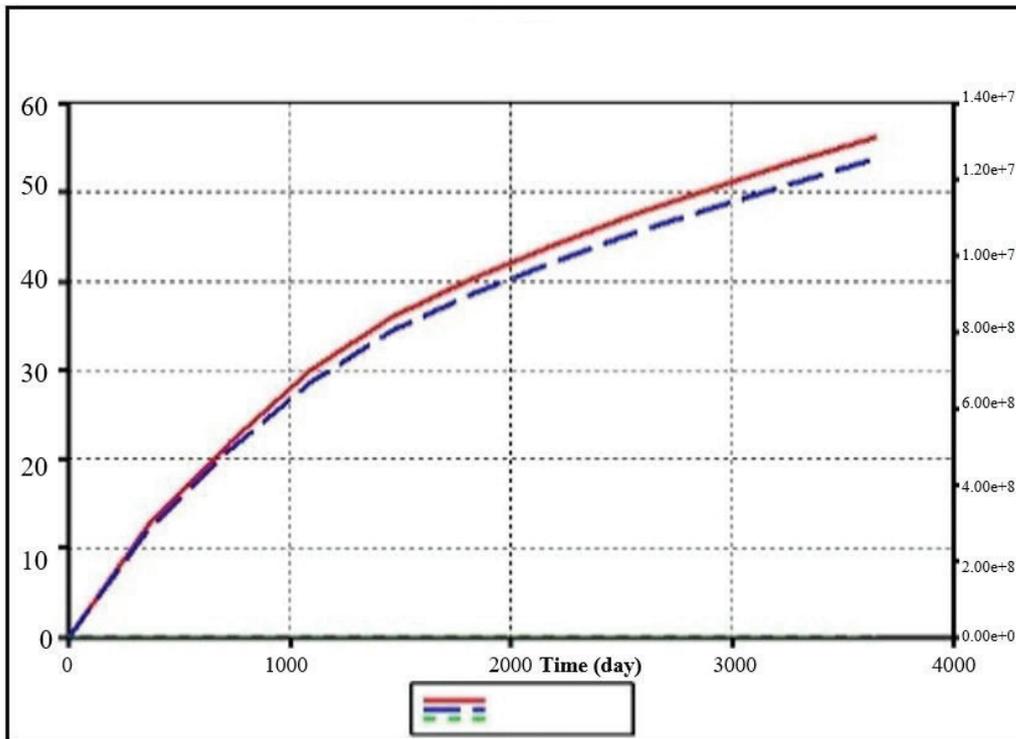
D. Parameter Konsentrasi

Selain parameter lain yang telah dijelaskan diatas, konsentrasi surfaktan juga dapat memengaruhi nilai *oil recovery factor* (RF) dan *oil cumulative production*. Peningkatan konsentrasi surfaktan akan menurunkan nilai *interfacial tension* (IFT) sehingga meningkatkan nilai *capillary number*. Peningkatan nilai *capillary number* ini yang nantinya akan memengaruhi nilai *oil recovery factor* (RF) dan *oil cumulative production*. Pada percobaan ini konsentrasi surfaktan yang digunakan yaitu 0.003 *mole fraction*, 0.005 *mole fraction*, dan 0.007 *mole fraction*.

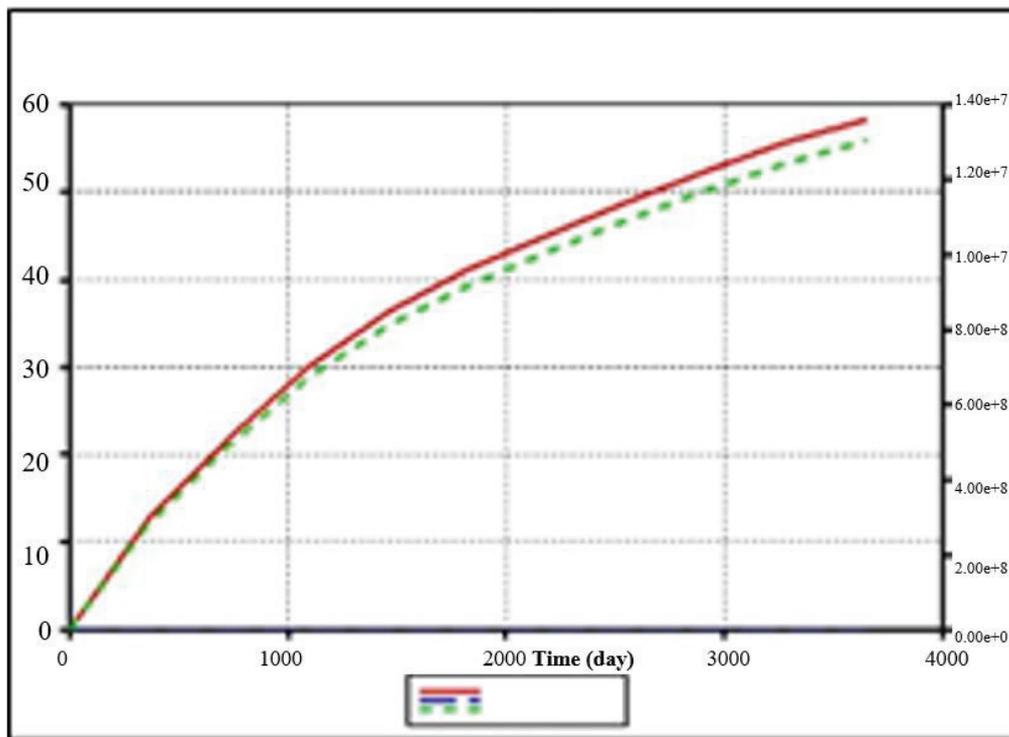
Tabel 5. Parameter Konsentrasi - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Konsentrasi (Mole frac)	Oil Recovery Factor (SCTR)	Oil Cumulative Production (SCTR)
0.003	56 %	1,25 E+07
0.005	58,3 %	1,3 E+07
0.007	59,5 %	1,33 E+07

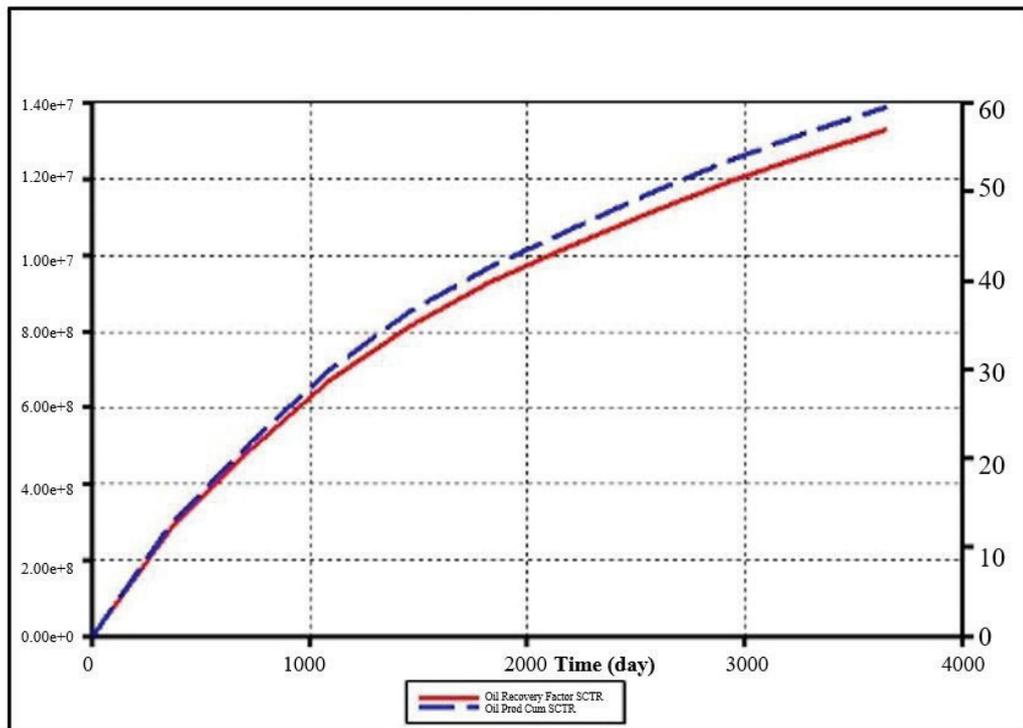




Grafik 8. 0.003 mole fraction - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production



Grafik 9. 0.005 mole fraction - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production



Grafik 10. 0.007 mole fraction - Nilai Oil Recovery Factor (RF) dan Oil Cumulative Production

Berdasarkan kurva diatas terjadi peningkatan nilai *oil recovery factor* (RF) yang cukup besar dan nilai *oil cumulative production* juga meningkat walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan jika peningkatan konsentrasi berbanding lurus dengan peningkatan nilai *oil recovery factor* dan *oil cumulative production*.

KESIMPULAN

Pada percobaan yang telah dilakukan menggunakan beberapa parameter dengan *base case scenario temperature* 5 °C, laju injeksi 8768 ft³/day, dan konsentrasi surfaktan 0,00386 mole fraction didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pengaruh Injeksi Surfaktan terhadap *Recovery Factor* (RF):
Injeksi surfaktan dalam metode EOR terbukti meningkatkan nilai *recovery factor* (RF) pada sumur produksi yang telah melalui *water flooding*. Surfaktan menurunkan interfacial tension (IFT) antara minyak dan air, meningkatkan efisiensi penyapuan minyak dari reservoir.
2. Pengaruh Parameter *Injection Rate*:
Parameter *injection rate* (laju injeksi) menunjukkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi minyak. Peningkatan laju injeksi meningkatkan nilai capillary number, yang berbanding lurus dengan peningkatan RF dan produksi kumulatif minyak. Pada laju injeksi 12000 ft³/hari, nilai RF mencapai 59,5% dan kumulatif produksi minyak mencapai 1.33 E+07.
3. Pengaruh Parameter Konsentrasi Surfaktan:
Peningkatan konsentrasi surfaktan berbanding lurus dengan peningkatan nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi minyak. Pada konsentrasi 0.007 mole fraction, nilai RF mencapai 59,5% dan kumulatif produksi minyak mencapai 1.33 E+07.
4. Pengaruh Parameter *Temperature*:
Parameter temperature tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap nilai *recovery factor* (RF) dan nilai kumulatif produksi minyak dalam kisaran suhu yang diuji (50°C, 100°C, dan 170°C). Hasil ini menunjukkan stabilitas termal surfaktan dalam suhu yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Andalucia, S., & Hafidz, F. A. (2016). Analisis Hall Plot Untuk Mengidentifikasi Formation Damage Dan Performance Injeksi Pada Kegiatan Waterflooding Di Lapangan North Rifa Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 7(2), 24-37.
- Febiyanti, Irine Ayu., Suseno, Ahmad Priyono. Priyono. 2013. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide) pada Modifikasi Lempung dengan Oksida Besi sebagai Pemilar, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16, 3, (2013) 79-83.
- Hartono et al. (2017). Revisiting EOR Projects in Indonesia through Integrated Study: EOR Screening, Predictive Model, and Optimisation SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. *SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*.
- Putra, B. P., & Kiono, B. F. (2021). Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak Indonesia. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 84-100.
- Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional. (2022). Laporan Analisis Neraca Energi Nasional 2022. *Publikasi Dewan Energi Nasional*.
- SKK Migas. 2015. Pedoman Tata Kerja Tentang Peningkatan Recovery Factor Melalui Kegiatan Pilot Tertiary Recovery.



