

PROCEEDINGS

JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
Tentrem Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

Biosurfactant Huff-n-Puff Pilot Project in Jirak Field

F.Apriadi¹, F.Kausar¹, M.P.Utomo¹, O. Wenas¹, A. Fitria², Pertamina EP¹, Repsol²

Abstrak

Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR) merupakan metode yang terbukti mampu meningkatkan perolehan minyak berbasis biologis. Metode MEOR biasanya menggunakan metabolit dan salah satu yang paling umum digunakan adalah biosurfaktan, yaitu bio-enzim yang larut dalam air dan tidak perlu preparasi tambahan saat pencampuran. Biosurfaktan memiliki kemampuan mengubah sifat kebasahan batuan sehingga minyak yang mulanya membasahi permukaan batuan dapat terlepas. Biosurfaktan juga dapat dengan cepat melepaskan deposit padatan, paraffin, dan asphaltene dari permukaan batuan setelah diinjeksikan kedalam reservoir.

Biosurfaktan meningkatkan perolehan minyak dengan beberapa mekanisme. Mekanismenya antara lain biosurfaktan mampu menyelimuti permukaan *oil drop* dan menyebabkan *oil drop* tersebut untuk pecah dan keluar dari pori yang rapat. Selain itu, biosurfaktan juga mampu menempel pada permukaan batuan sehingga mengubah sifat kebasahan batuan menjadi *water-wet*. Oleh karena itu, minyak mampu keluar dari permukaan partikel batuan dan *micropores*. Biosurfaktan dapat terikat dengan erat pada permukaan batuan dan menjaga humiditas permukaan batuan sehingga memiliki kestabilan yang tinggi.

Di dalam studi ini, stimulasi biosurfaktan dengan teknik injeksi *huff-n-puff* diimplementasikan sebagai proyek pilot di 4 (empat) sumur pada Struktur Jirak. Performa produksi dari sumur-sumur tersebut diamati secara berkala sampai 6 bulan setelah injeksi. Hasilnya menunjukkan ada peningkatan produksi dengan peningkatan yang paling besar hingga 1080 bbl dengan penurunan *water cut* sebanyak 5-10%. Selain itu, biosurfaktan juga mampu meningkatkan mobilitas minyak melalui penurunan viskositas minyak.

Kata Kunci: MEOR, EOR, *Biosurfactant*, *Huff and Puff*, *Tertiary Recovery*

Introduction

Seiring dengan berjalannya waktu dan berkembangnya teknologi, konsumsi energi global akan meningkat. *U.S. Energy Information Administration* dalam *International Energy Outlook 2017* (IEO 2017) memproyeksikan konsumsi energi dunia akan meningkat sebanyak 28% dari

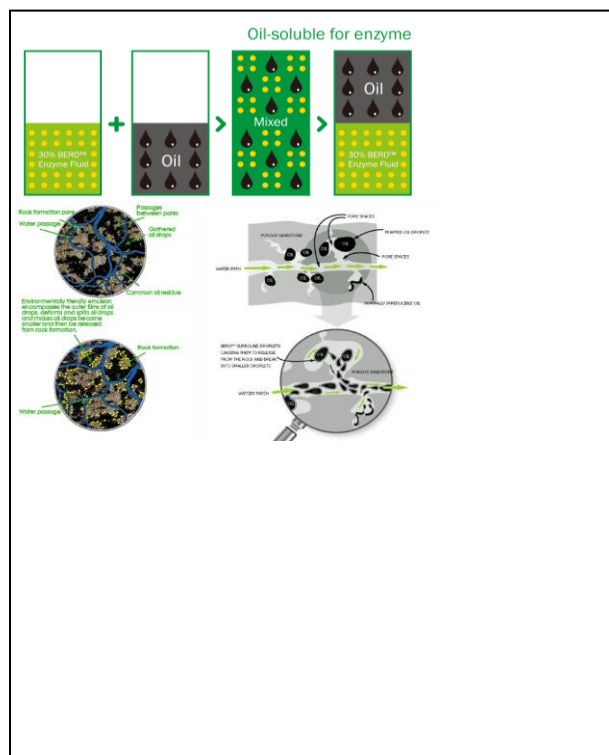
2015 ke 2040 mendatang (EIA, 2018). Minyak menjadi sumber energi penting untuk kehidupan dan ketergantungan dari banyak industri nasional. Sedangkan sebagai salah satu sumber energi, produksi minyak semakin menurun karena kebanyakan lapangan yang diproduksi sudah tua dan sudah melewati fase *primary* dan *secondary recovery*. Oleh karena itu, pengaplikasian metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) merupakan usaha untuk meningkatkan produksi minyak melalui *tertiary recovery*.

Metode EOR dengan menggunakan mikroba atau yang biasa dikenal dengan *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR) dinilai cocok digunakan pada mature field. Reservoir minyak mengandung beragam dan komunitas mikroorganisme yang aktif secara metabolik dan MEOR merupakan aplikasi langsung dari bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme maupun produk metabolisme dalam rangka meningkatkan perolehan minyak.

Stimulasi *Huff-n-Puff Biosurfactant Enzyme* diaplikasikan di Struktur Jirak, lapangan minyak tua yang terletak di Provinsi Sumatera Selatan dan sudah diproduksi sejak 1931. Pada struktur ini, *secondary recovery* melalui injeksi air sudah diimplementasikan secara full scale. Komposisi *water cut* yang tinggi (90-100%) dan keterbatasan fasilitas produksi (SP Jirak) menjadi latar belakang utama dilakukannya stimulasi *Biosurfactant Enzyme*.

Biosurfactant Enzyme

Biosurfactant Enzyme adalah bio-enzim yang sudah diformulasikan sedemikian rupa tanpa perlu preparasi khusus pada saat pencampuran dan bersifat *water soluble*. *Biosurfactant Enzyme* mampu mengubah sifat kebasahan batuan sehingga minyak dapat terlepas dari pori batuan. Selain itu, *Biosurfactant Enzyme* dapat dengan cepat melepaskan deposit padatan, *paraffin*, dan *asphaltene* dari permukaan batuan setelah diinjeksikan ke dalam reservoir.



PROCEEDINGS

JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

Gambar 1. Mekanisme Interaksi *Biosurfactant Enzyme* dengan Minyak

Mekanisme kerja *Biosurfactant Enzyme* adalah mekanisme reaksi biologis (enzim) yang dapat bekerja secara spesifik untuk melarutkan padatan organik yang menempel pada pori batuan maupun pada pipa. *Biosurfactant Enzyme* dapat membentuk biofilm yang menempel pada permukaan batuan sehingga sifat kebasahan batuan dapat berubah secara signifikan. Enzim *Biosurfactant Enzyme* memiliki sifat stabil dan dapat bekerja dalam jangka waktu yang lama pada kondisi reservoir.

Spesifikasi karakteristik dari *Biosurfactant Enzyme* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Karakteristik *Biosurfactant Enzyme*

Warna dan tampilan	Berwarna cokelat (tawny) semi transparan cairan pekat dengan bau enzyme
Komponen utama	Polymeric biological enzyme, stabilizer dan air
PH value	5-7
Densitas	1 g/cm ³
Solubilitas	Dapat larut dalam air, kompatibel terhadap fluida yang memiliki salinitas dan tidak larut dalam minyak.
Titik Didih	100 °C
Resistansi Temperatur	220 °C

Sehingga tujuan stimulasi Huff-n-Puff *Biosurfactant Enzyme*, antara lain:

- Meningkatkan mobilitas minyak
- Meningkatkan & memperbaiki pendesakan minyak
- Mengubah kebasahan batuan menjadi *water wet* dengan adanya bio-film yang menempel pada permukaan batuan
- Menghilangkan plug pada reservoir karena *paraffinic wax*, *skin*, dan *asphaltene precipitation*
- Membersihkan kolom tubular sumur minyak

Data dan Metodologi

Stimulasi *Biosurfactant Enzyme* dilakukan dengan metode Huff-n-Puff, dimana treatment fluid dipompakan secara bullhead dengan konsentrasi chemical 2%, yang kemudian didorong dengan pre-flush berupa air formasi. Selanjutnya setelah *soaking* selama 5 (lima) sampai 7 (tujuh) hari, sumur diproduksi kembali dan performanya diamati.

Kriteria *Screening* Kandidat Sumur *Biosurfactant Enzyme*

Dalam menentukan kandidat sumur stimulasi *Biosurfactant Enzyme*, dilakukan penyeleksian berdasarkan properti batuan serta fluida reservoir dan juga berdasarkan performa produksi dari sumur-sumur tersebut.

Berdasarkan property batuan dan sifat fluida reservoir, sumur yang dipilih adalah sumur dengan properti batuan berupa porositas di atas 10% dan permeabilitas di atas 1 mD, disertai dengan tipe formasi berupa batuan pasir. Sumur gas tidak direkomendasikan untuk menjadi kandidat sumur stimulasi. Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat di Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria *Screening* untuk stimulasi *Biosurfactant Enzyme*

Porosity	≥10%
Permeability (md)	≥1
Formation Type	Sandstone > Limestone > Other Carbonate Rocks, Not Water sensitif formation, Not Gassy Well
Formation Pressure (psig)	≥ 130 (suggested ≥ 493)
Formation Temperature (F)	68 < T < 356
Crude Oil Viscosity (cP)	< 200
Crude Oil Density (API)	> 22
Pour Point (F)	> 60 =HPPO
Asphaltene Content (% wt)	
Wax Content (% wt)	more, better

Selain itu, kriteria *screening* berdasarkan performa produksi sumur, antara lain:

- Sumur dengan produksi gross lebih dari 250 bfpd dan minyak kurang dari 30 bopd
- Sumur dengan *water cut* lebih besar dari 85%.
- Sumur dengan produksi kumulatif minyak kurang dari setengah cadangan *well basis* untuk setiap lapisan.
- Lebih direkomendasikan pada sumur dengan *initial production* lebih dari 100 bopd.
- *Stripper well* yang berproduksi stabil.
- Sumur dengan *well integrity* yang baik dan disarankan berproduksi dari *single zone*.

Screening Kandidat Sumur *Biosurfactant Enzyme* pada Struktur Jirak

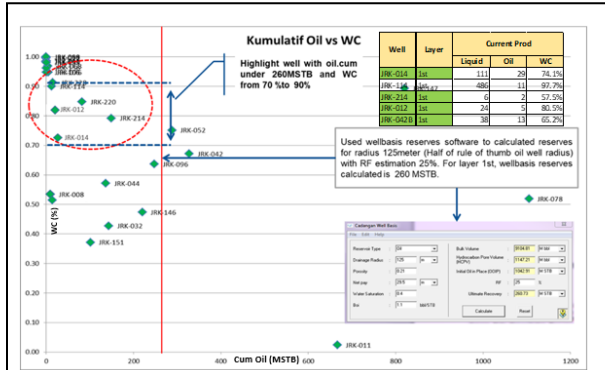
Struktur Jirak merupakan struktur penghasil minyak yang dioperasikan PT Pertamina EP dan berada pada wilayah operasi Field Pendopo, Sumatera Selatan. Produksi Struktur

PROCEEDINGS

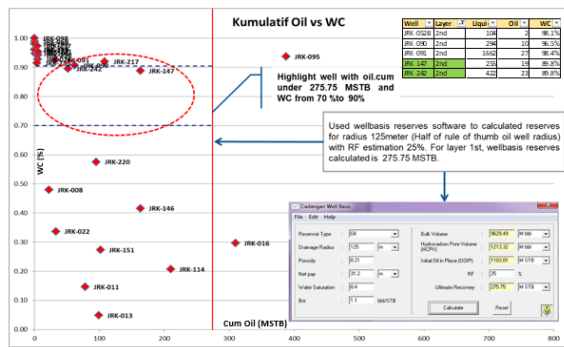
JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

Jirak didominasi dari layer 1st, 2nd, dan 3rd. Berdasarkan hasil uji laboratorium, minyak dari struktur tersebut memiliki kandungan wax rata-rata 6-8% of weight dengan scale index rata-rata sebesar 1.3.

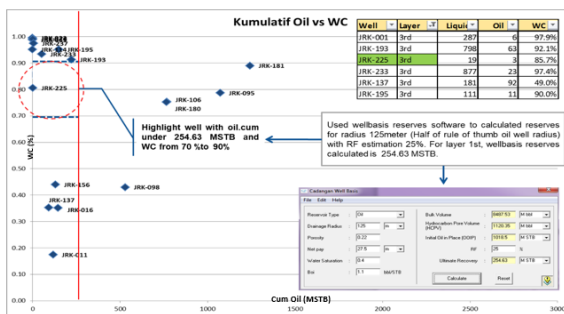
Sumur yang terbuka di layer 1st, 2nd dan 3rd (single zone) akan menjadi focus utama. Untuk mempermudah pemilihan sumur, dibuat plot water cut terhadap kumulatif minyak.



Gambar 2. Scatter Plot untuk Jirak Layer 1st



Gambar 3. Scatter Plot untuk Jirak Layer 2nd



Gambar 4. Scatter Plot untuk Jirak Layer 3rd

Berdasarkan data scatter plot di atas, dipilih sumur dengan water cut di atas 70% dan produksi kumulatif minyak yang diklasifikasikan dengan cut off berdasarkan well basis reserve. Sehingga kandidat sumur terbaik untuk stimulasi

Biosurfactant Enzyme adalah JRK-012, JRK-014, JRK-042B, JRK-242.

Selanjutnya, dilakukan pengecekan well integrity dari sumur-sumur tersebut, dan hasil lengkapnya bisa dilihat di Tabel 3.

Tabel 3 Screening Well Integrity

Status	JRK-014	JRK-042B	JRK-012	JRK-242
Produksi	Produksi	Produksi	Produksi	Produksi
Lapian terbuka	1st	1st	1st	2nd
Fish	Tidak ada	Terdapat fish berupa ankor, namun sudah didorong hingga kedalaman 257.55 m. problem tidak terdeteksi.	Tidak ada	Tidak ada
Casing	-10" (0-18,89 m) -8 1/4" (0-174,35 m) -6 5/8" liner (153,52-253,59 m) -4 3/4" liner (281,6-301 m)	-11 3/4" (0-17,07 m) -6 5/8" (0-240,82 m) -4" liner (226,74-266,7 m)	-12 1/2" (0-18,28 m) -10" (0-192,63 m.) -8 1/4" (0-256,94 m.)	-13 3/8" (0-21 m) -9 5/8" (0-101 m) -7" (0-787 m)
TD	301 m	308,45 m	274,02 m	887 m
TOF/ROC	243,84 m	263,35 m	256,94 m	740 m
Crater	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Trajectory	Vertikal	Vertikal	Vertikal	Vertikal
Lifting	PU	PU	PU	PU

Hasil dan Pembahasan

Stimulasi Biosurfactant Enzyme dengan metode Huff-n-Puff berhasil diimplementasikan pada 4 (empat) sumur di Struktur Jirak, yaitu JRK-012, JRK-014, JRK-042B, dan JRK-242. Rincian pekerjaan pada masing-masing sumur bisa dirangkum di Tabel 4.

Tabel 4 Rangkuman Pekerjaan Stimulasi Biosurfactant Enzyme

Well	JRK-012	JRK-014	JRK-042B	JRK-242
Tanggal Pelaksanaan	8-Sep-17	7-Sep-17	10-Sep-17	6-Sep-17
Fluid Treatment Vol (bbt)	323.2	212.24	179.24	341.7
Formation water Vol (bbt)	316	208	175	334
Volume (bbt)	7.2	4.24	4.24	7.7
Post Flush Vol (bbt)	32	32	26	35
Rate Injeksi (bpm)	1.5-2.5	1.5	1	1.5-2
Press Injeksi (Psi)	50-90	60-80	50	60-80
Soaking (Days)	7	7	7	7
Kendala Operasional	Kompresor pompa rusak	Overheat pada kompresor pompa @vol 195 bbl	Kebocoran Flange Tubing Hanger	Flange Tubing Hanger Bocor
Solusi	penggantian filter solar	pendinginan selama 30 menit	Penambahan stud bolt dan dikencangkan	Penambahan stud bolt

PROCEEDINGS

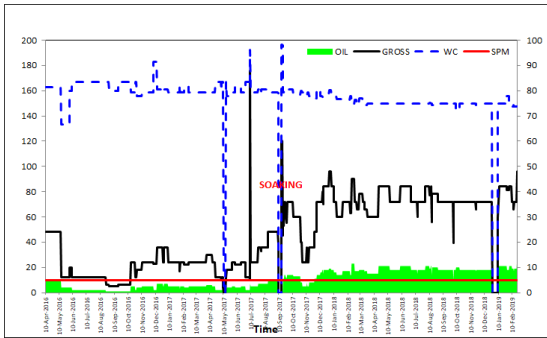
JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

Monitoring performa produksi setelah stimulasi *Biosurfactant Enzyme* adalah sebagai berikut:

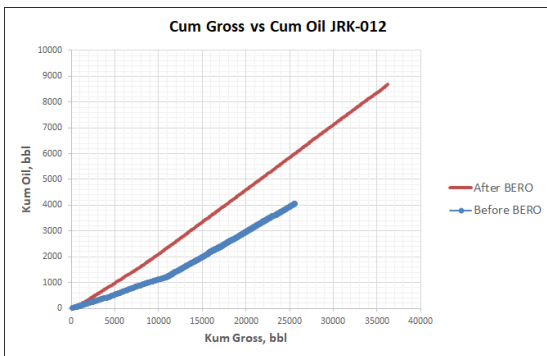
1. JRK-012

Berdasarkan profil produksi setelah dilakukan stimulasi *huff-n-puff biosurfactant enzyme*, terjadi trend penurunan *water cut* dari 85% ke 78% disertai peningkatan produksi minyak dari 7 bopd ke 20 bopd. Selain itu, setelah dilakukan analisis fluida, diketahui efek stimulasi *biosurfactant enzyme* berhasil menurunkan viskositas fluida (3.81 cp ke 3.58 cp).

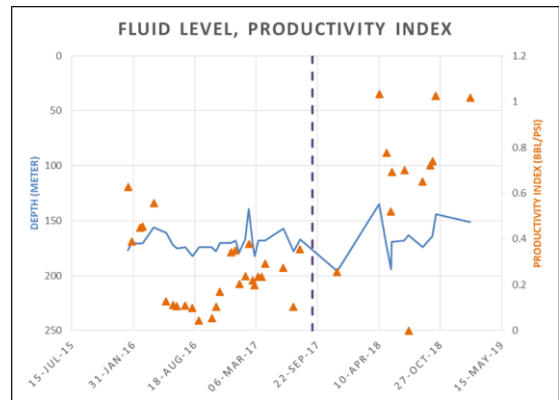
Setelah dilakukan monitoring selama 180 hari, didapatkan *gain* produksi kumulatif minyak sebesar 231 bbls. Peningkatan performa produksi ini juga dikonfirmasi berdasarkan peningkatan *productivity index* dari 0.1 bpd/psi ke 0.6-0.8 bpd/psi.



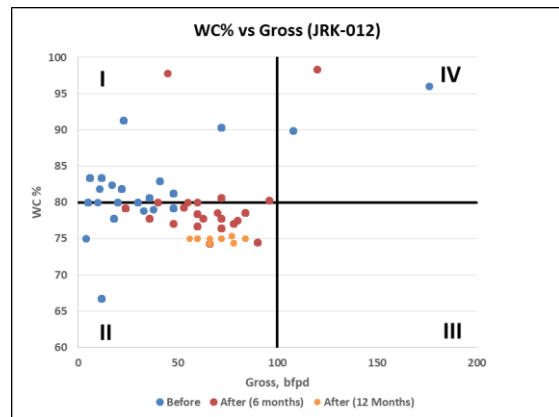
Gambar 5. Production Performance Before – After Injeksi Biosurfactant Enzyme JRK-012



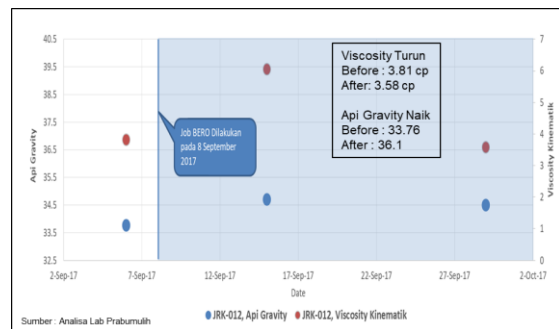
Gambar 6. Kumulatif Gross vs Kumulatif Minyak di JRK-012



Gambar 7. Fluid Level dan Productivity Index JRK-012



Gambar 8. WC vs Gross Before-After Biosurfactant Enzyme JRK-012



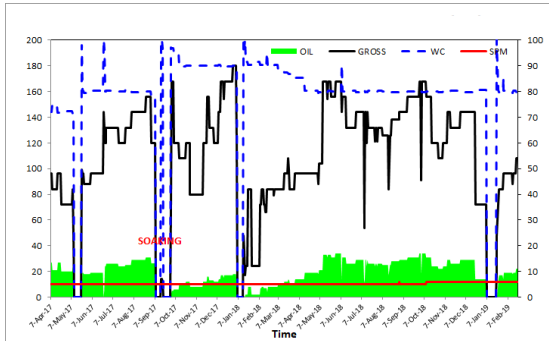
Gambar 9. Analisa Fluida API Gravity & Viscositas Kinematik JRK-012

PROCEEDINGS

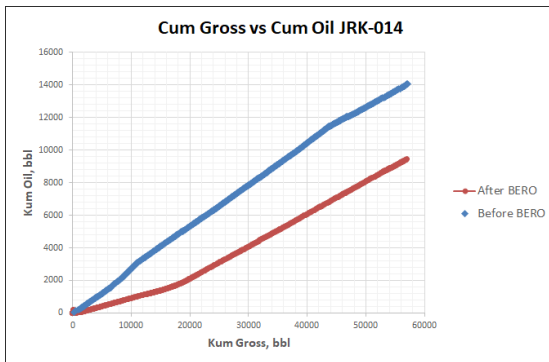
JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

2. JRK-014

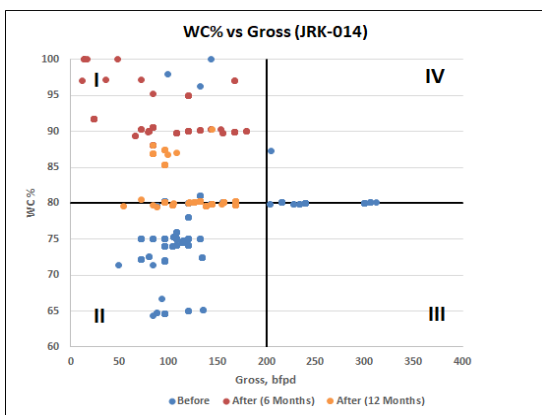
Hasil yang berbeda didapatkan di sumur JRK-014. *Water cut* mengalami kenaikan dari yang semulanya 75% ke 90% disertai dengan penurunan produksi minyak sebanyak 50% dari yang mulanya 21 bopd ke 10 bopd. Analisa fluida juga tidak dapat dijadikan acuan karena laboratorium pengujian sampel JRK-012 dan JRK-014 berbeda.



Gambar 10. Production Performance Before – After Injeksi Biosurfactant Enzyme JRK-014



Gambar 11. Kumulatif Gross vs Kumulatif Minyak JRK-014



Gambar 12. WC vs Gross Before-After Biosurfactant Enzyme JRK-014



Gambar 13. Analisa Fluida API Gravity & Viscositas Kinematik JRK-014

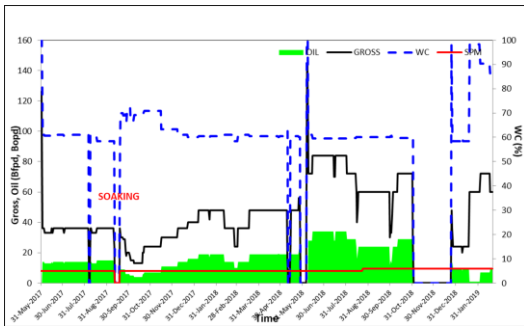
PROCEEDINGS

JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

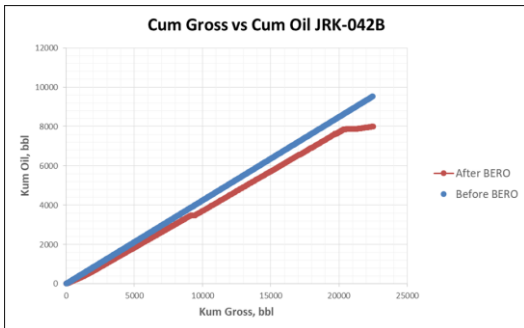
3. JRK-042B

Berdasarkan profil produksi JRK-042B setelah distimulasikan biosurfactant enzyme, terjadi peningkatan *Productivity Index* dari 0.2 bpd/psi menjadi 0.6-1.2 bpd/psi. Namun produksi minyak turun dari 14 bopd ke 12 bopd disertai dengan fluktuasi watercut yang mulanya 60%, lalu sempat naik ke 70% dan kembali lagi ke nilai semula.

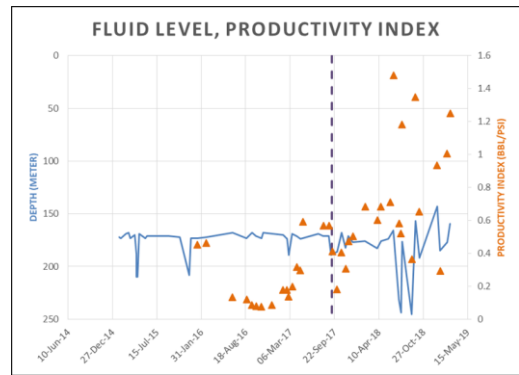
Dari hasil analisa sampel fluida, viskositas fluida naik dari 4.71 cp ke 4.96 cp (sampel pertama) dan 4.91 cp (sampel kedua). Pada kumulatif gross yang sama yang dimonitor selama 180 hari setelah injeksi, terjadi penurunan kumulatif minyak sebanyak 196 bbl.



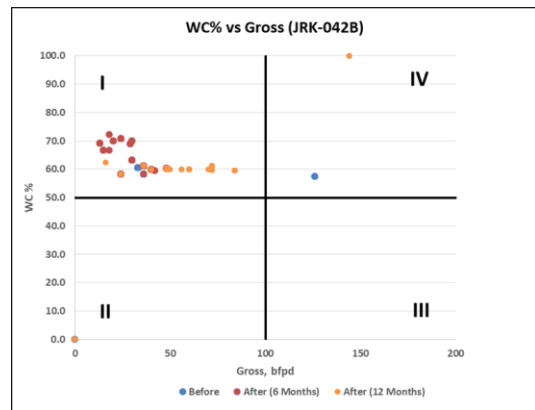
Gambar 14. Production Performance Before – After Injeksi Biosurfactant Enzyme JRK-042B



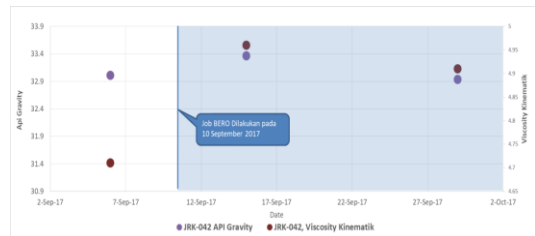
Gambar 15. Kumulatif Gross vs Kumulatif Minyak JRK-042B



Gambar 16. Fluid Level dan Productivity index JRK-042B



Gambar 17. WC vs Gross Before-After Biosurfactant Enzyme JRK-042B



Gambar 18. Analisa Fluida API Gravity & Viskositas Kinematik JRK-042B

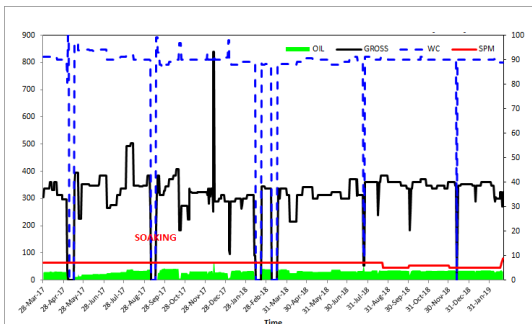
PROCEEDINGS

JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019)

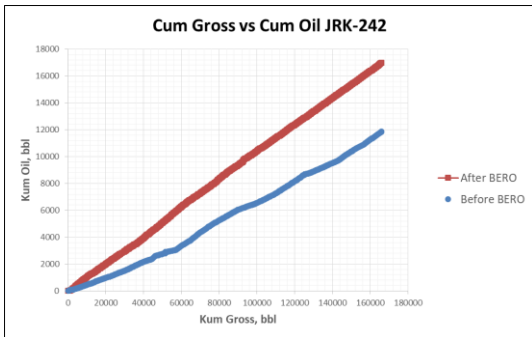
TBA Hotel, Yogyakarta, November 25th – 28th, 2019

4. JRK-242

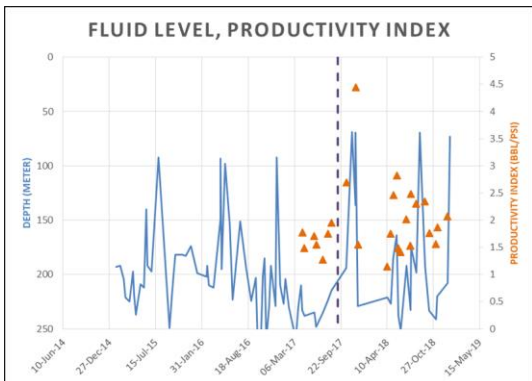
Stimulasi *Biosurfactant Enzyme* di JRK-242 layer 2nd berhasil menurunkan water cut dari 92% ke 90% disertai dengan peningkatan laju produksi minyak dari 25.7 bopd ke 32.4 bopd. Setelah dimonitor selama 180 hari, terdapat kenaikan kumulatif minyak sebanyak 1543.6 bbl. Hasil analisa fluida sebelum dan sesudah distimulasi menunjukkan adanya penurunan viskositas dari 3.92 cp ke 3.76 cp (API naik dari 35.32 ke 35.44).



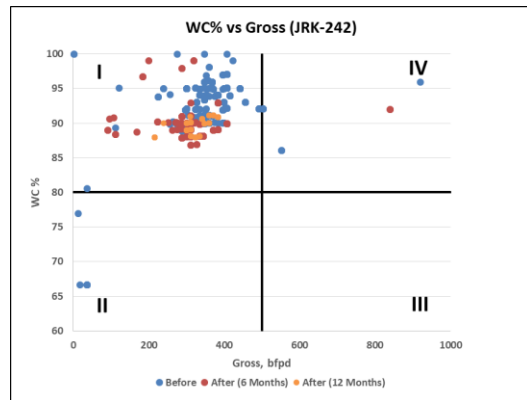
Gambar 19. Production Performance Before – After Injeksi Biosurfactant Enzyme JRK-242



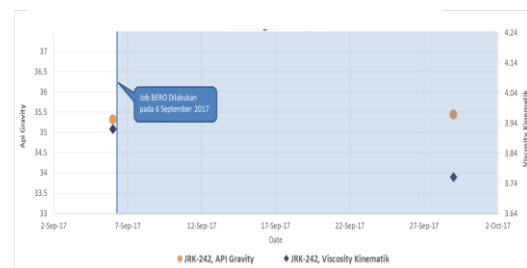
Gambar 20. Kumulatif Gross vs Kumulatif Minyak JRK-242



Gambar 21. Fluid Level dan Productivity index JRK-242



Gambar 22. WC vs Gross Before-After Biosurfactant Enzyme JRK-242



Gambar 23. Analisa Fluida API Gravity & Viscosity Kinematik JRK-242

Kesimpulan

Stimulasi *Huff-n-Puff Biosurfactant Enzyme* di Struktur Jirak berhasil dilaksanakan pada 4 (empat) sumur dengan rasio sukses peningkatan produksi sebesar 2:4. Kenaikan produksi yang disertai dengan penurunan water cut dan viskositas fluida bisa teramati pada JRK-012 dan JRK-242. Kenaikan kumulatif produksi minyak sebesar 1542 bbl pada sumur JRK-242 diperoleh dari layer 2nd. Hal tersebut menjadi bahan analisa dan pertimbangan pemilihan layer yang akan diimplementasikan MEOR di Struktur Jirak untuk kedepannya.

Referensi

1. M.J. McInerney, S.O. Han, S. Maudgalya, H. Mouttaki, M. Folmsbee, R. Knapp, D. Nagle, B.E. Jackson, M. Staudt, W. Frye, 2001, Development Of More Effective Biosurfactants For Enhanced Oil Recovery, 14-15.
2. M.Terrado, S. Yudono, and G. Thakur, Waterflooding Surveillance and Monitoring : Putting Principles Into Practice, 9.