

# Injeksi Biosurfaktan “U-Champ” pada Uji Coreflooding Sampel Minyak Berat

Harry Budiharjo S.<sup>1</sup>, Joko Pamungkas<sup>1</sup>, Indah Widiyaningsih<sup>1</sup>, Yusril Ihza Wijaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta  
Jln. Padjajaran no. 104, Condong Catur, Sleman, DIY, Indonesia  
Harry\_hb@upnyk.ac.id

---

## Abstrak

Biosurfaktan “U-Champ” merupakan hasil produk dari *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR) yang dapat menurunkan tegangan antarmuka (IFT) dan viskositas. Dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penginjeksian Biosurfaktan “U-Champ” dalam sampel minyak berat Lapangan di Riau dalam skala laboratorium. Pengujian ini dilakukan menggunakan konsentrasi biosurfaktan “U-Champ” (0%;2,5%;5%;7,5%;10%). Hasil yang didapat bahwa konsentrasi 2,5% mencapai nilai CMC. Pengujian ini dapat menurunkan nilai IFT dari 14,1 mN/m menjadi 7,19 mN/m dan dapat menurunkan nilai viskositas dari 30,04 cP menjadi 24,61 cP pada temperatur 40°C dan penurunan viskositas dari 4,12 cP menjadi 0,90 cP pada temperatur 80°C. Pengujian phase behavior menghasilkan minyak sebesar 3,5 ml dengan mikroemulsi tipe *middle* pada konsentrasi 2,5%. Pengujian imbibisi menghasilkan nilai *recovery factor* (RF) sebesar 30,65% pada konsentrasi 2,5%. Pengujian *coreflooding* tidak dapat dilakukan disebabkan *plugging* karena sampel minyak yang diuji termasuk jenis medium berat dengan nilai *gravity* sebesar 34,0 °API dan nilai *pour point*-nya mencapai 40,6 °C.

**Kata kunci:** EOR, uji *coreflooding*, minyak berat, biosurfaktan

---

## I. PENDAHULUAN

Metode MEOR ini efektif dan efisien apabila diterapkan pada sumur yang minyak dengan kandungan paraffin tinggi. Karena mikroorganisme inilah yang akan memakan rantai panjang hidrokarbon tersebut untuk sumber energi (Ansyori, 2018). Efektivitas dari MEOR dapat diukur berdasarkan parameter seperti, viskositas minyak, *water cut*, *residual oil saturation* (ROS), porositas, dan permeabilitas (Saravanan et.al., 2020).

Salah satu hasil dari produk mikroorganisme seperti bakteri, ragi, dan jamur adalah biosurfaktan (Vershareh et. al., 2019). Biosurfaktan efektif dalam meningkatkan perolehan minyak dengan mekanisme seperti, menurunkan *interfacial tension* (IFT), menghasilkan *oil-water emulsion*, dan mengubah *oil wet* menjadi *water wet* (Geetha et. al., 2018). Dalam studi ini, berfokus pada penggunaan biosurfaktan terhadap perubahan karakteristik dari sampel minyak dan perubahan nilai *recovery factor* (RF).

Penelitian sebelumnya pada tahun 2020 telah melakukan paten terhadap biosurfaktan berlabel

“U-Champ” dan berhasil melakukan pengujian *coreflooding* pada sampel minyak Cepu dengan mendapatkan parameter *recovery factor* (Sulistiyarso, H.B. et.al., 2020).

Biosurfaktan merupakan hasil sintesa dari mikroorganisme terutama jika tumbuh dalam keadaan yang tidak larut dalam air. Struktur kimia dari biosurfaktan terbagi menjadi hidropilik dan hidropobik. Grup hidropilik tersusun atas asam amino, anion dan kation peptida, mono-, di-, atau polisakarida. Sedangkan grup hidropobik tersusun atas asam lemak tak jenuh. Berdasarkan ukuran molekulnya, terbagi menjadi *low molecular weight* dan *high molecular weight*. Biosurfaktan jenis *low molecular weight* adalah glikolipid dan lipopeptida yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan dan *interfacial tension* (IFT) minyak-air. Sedangkan jenis *high molecular weight* adalah lipoprotein, lipopolisakarida, dan polisakarida amphipatik yang berfungsi untuk membentuk emulsi (Sulistiyarso, H.B. et.al., 2020).

Biosurfaktan merupakan komponen mikroorganisme yang terdiri atas molekul hidrofobik dan hidrofilik, yang mampu mengikat

molekul hidrokarbon tidak larut air dan mampu menurunkan tegangan permukaan (Sulistyarso, H.B. et. al., 2019). Sedangkan biosurfaktan dapat membentuk emulsi dikarenakan adanya dua proses utama, yaitu *emulsification* dan *entrainment*. Pada proses pertama, *interfacial tension* (IFT) menurun secara signifikan yang memungkinkan untuk tetesan minyak diemulsi ke fasa air dan terangkut bersamanya. Proses yang kedua melibatkan tetesan emulsi yang menyumbat pori-pori dan *water channels* kemudian menyebabkan *mobility ratio* air-minyak berkurang dan larutan biosurfaktan menuju area yang tak tersapu sehingga meningkatkan *vertical sweep efficiency* (Massarweh, O. & Abushaikha, A. S., 2020). Fungsi lain dari biosurfaktan adalah untuk menurunkan nilai viskositas dengan mekanisme mikroorganisme yang ada di dalamnya memakan rantai hidrokarbon yang panjang sehingga menjadi pendek.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium *Enhanced Oil Recovery* (EOR) di Universitas Pembangunan Nasional “Yogyakarta”. Studi ini menggunakan larutan biosurfaktan “*U-Champ*” yang digunakan untuk lingkungan dan bioteknologi. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian densitas, viskositas, IFT, *phase behavior*, dan *coreflooding*. Sampel *crude oil* yang berasal dari Lapangan di Riau. Konsentrasi biosurfaktan yang akan diuji adalah 2.5%, 5%, 7.5%, 10%.

### 2.1. Pengujian Densitas dan Viskositas

Pengujian densitas sampel menggunakan piknometer. Alat tersebut diisi dengan sampel yang akan diuji dengan berbagai konsentrasi dan ditimbang dengan neraca *digital*. Pengujian viskositas sampel menggunakan alat Brookfield *Viscometer*. Sampel yang akan diuji dimasukkan ke dalam sebuah *tube* dan dipasangkan ke dalam ULA *spindle*. Pengujian dapat dilakukan ketika keduanya sudah terpasang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui durabilitas biosurfaktan terhadap temperatur. Pengujian dilakukan pada temperatur 40 °C – 80 °C.

### 2.2. Pengujian *Interfacial Tension* (IFT)

Pengujian IFT sampel menggunakan *spinning drop tensioner*. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan sudut kontak antara dua fasa cairan, yaitu air dan minyak. Sampel yang akan diuji diinjeksikan sebanyak 10-20 µL ke dalam 2 ml sampel air formasi yang

berada dalam *capillary tube*. Hasil pengujian berupa gambar yang harus dianalisa yang tersambung dengan aplikasi dalam komputer sehingga didapat nilai IFT didapatkan.

### 2.3. Pengujian *Phase Behavior*

Pengujian *phase behavior* berfungsi untuk menentukan konsentrasi optimum. Pengujian ini menggunakan alat gelas *tube* 10 ml yang berisikan sampel minyak dan air formasi. Setelah dilakukan, hasil berupa lapisan mikroemulsi yang terbentuk di tengah antara fasa minyak dan air formasi. Jika mengacu pada jenis mikroemulsi menurut Winsor (1948) maka yang kompatibel dengan fungsinya dalam EOR adalah Winsor Type III dengan tiga fasa yang terbentuk yaitu minyak, mikroemulsi, dan air formasi.

### 2.4. Pengujian Imbibisi

Pengujian imbibisi berfungsi untuk menentukan konsentrasi optimum sebagai pebanding dari hasil pengujian *coreflooding*. Pengujian ini menggunakan rangkaian alat uji imbibisi dan digunakan pada tekanan atmosfer.

### 2.5. Pengujian *Coreflooding*

Pengujian *coreflooding* berfungsi untuk menentukan nilai saturasi minyak sisa dan *recovery factor* pada sampel minyak. Pengujian dilakukan menggunakan rangkaian alat *coreflooding*. Tahapan pada pengujian yaitu proses saturasi minyak, *waterflooding*, injeksi biosurfaktan “*U-Champ*”, dan tahapan injeksi setelah *soaking*. Proses *soaking* berfungsi untuk memberikan waktu pada biosurfaktan untuk memaksimalkan fungsinya mengubah sifat fisik minyak berubah sehingga dapat mengalir.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada eksperimen ini material yang digunakan antara lain sampel minyak, air formasi, dan *artificial core*.

Pada sampel minyak berasal dari Lapangan di Riau, dan air formasi berasal dari sumur yang sama dengan minyak. Pada **Tabel 1.** dan **Tabel 2.** Dijelaskan karakteristik sampel minyak dan air formasi.

Tabel 1. Karakteristik Minyak

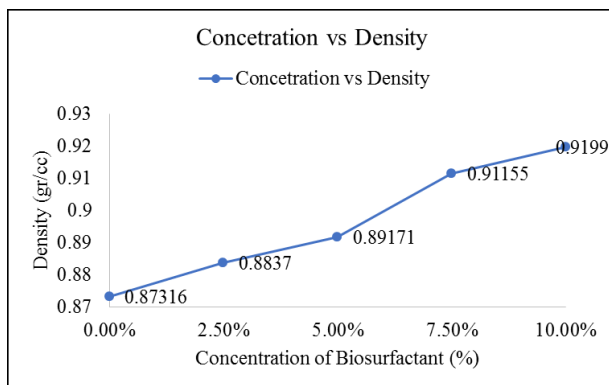
Gravity (°API)	Density (gr/cc)	Oil Viscosity @40,6°C (cP)	Pour Point (°C)
34,0	0.87316	7.08	40.6

**Tabel 2. Karakteristik Air Formasi**

Density (gr/cc)	Salinity (ppm)	pH
1.004	17000	8.45

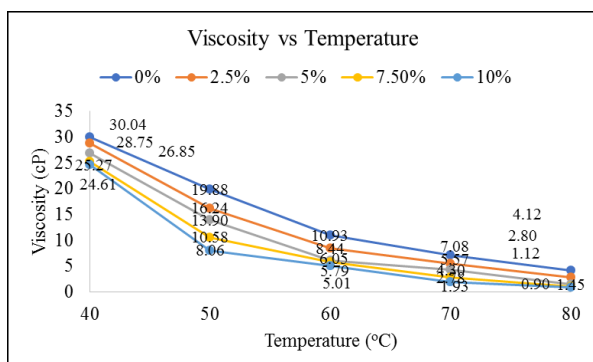
### Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas

Pengukuran densitas pada sampel minyak Lapangan “BNX” menunjukkan adanya penambahan nilai seiring penambahan konsentrasi biosurfaktan. Hal tersebut bisa terjadi karena adanya kenaikan berat molekul antara larutan dengan sampel minyak.



**Gambar 1. Plot Konsentrasi Biosurfaktan vs Densitas**

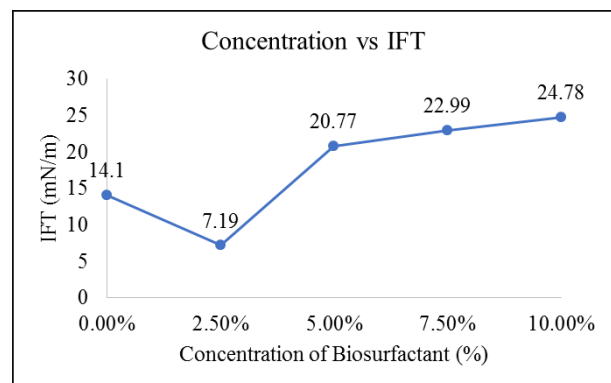
Penurunan viskositas dari 30,04 cP menjadi 24,61 cP pada temperatur 40°C dan penurunan viskositas dari 4,12 cP menjadi 0,90 cP pada temperatur 80°C dengan konsentrasi 10%. Secara umum, pengukuran viskositas pada sampel minyak menunjukkan adanya penurunan nilai seiring penambahan konsentrasi biosurfaktan sesuai dengan dasar teori yang dijelaskan bahwa mikroorganisme yang ada di dalam larutan yang membuat rantai panjang hidrokarbon tersebut menjadi pendek.



**Gambar 2. Plot Viskositas vs Temperatur**

### Hasil Pengukuran IFT

Hasil Pengukuran IFT menunjukkan bahwa penambahan biosurfaktan dapat menurunkan IFT minyak-air. Pada hasil dapat dilihat bahwa konsentrasi 2.5% paling efektif untuk menurunkan IFT karena menghasilkan nilai IFT terkecil yaitu 7.19 mN/m. Ketika penambahan biosurfaktan tidak mengalami perubahan IFT bahkan mengalami kenaikan maka konsentrasi biosurfaktan yang ada di dalamnya sudah mencapai *Critical Micelle Concentration* (CMC). Kenaikan IFT tersebut karena setelah kondisi IFT minimum dan juga kondisi CMC setelahnya maka akan terjadi peningkatan IFT karena adanya pemicu pembentukan misel baru.



**Gambar 3. Plot Konsentrasi vs IFT**

### Hasil Pengujian Phase Behavior

Pengujian *phase behavior* ini menghasilkan lapisan mikroemulsi yang berada di tengah (*middle phase*) yang diukur dari banyaknya volume mikroemulsi yang terbentuk pada gelas *tube* 10 ml. Lapisan mikroemulsi terbanyak terbentuk pada konsentrasi 2.5% sebesar 0.2 ml. Semakin banyak mikroemulsi yang terbentuk maka volume minyak yang bercampur bersama biosurfaktan juga semakin banyak.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Phase Behavior**

No	Name	Mikroemulsi Vol. (ml)	Vol. air (ml)	Vol. Oil (ml)	Tipe Mikroemulsi
1	Sample 2.5%	0.2	3.2	3.5	Middle Phase
2	Sample 5.0%	0.1	3.4	3.4	Middle Phase
3	Sample 7.5%	0.2	3.2	3.5	Middle Phase
4	Sample 10%	0.05	3.3	3.55	Middle Phase

### Hasil Pengujian Imbibisi

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan dua konsentrasi, yaitu 2,5% dan 5%. Hasil yang didapatkan adalah pada konsentrasi 2,5% dihasilkan lapisan *film* minyak sebesar 0,6 ml dengan nilai *recovery factor* (RF) sebesar 30,65%.

**Tabel 4. Hasil Uji Imbibisi Konsentrasi 2,5%**

Hari	Oil Top (ml)	Oil Bottom (ml)	Vol. Oil (ml)	Oil Rec. (%)
0	7.4	7.2	0.2	10.216
1	7.3	7	0.3	15.324
2	7.45	7	0.45	22.986
3	7.5	7	0.5	25.540
4	7.5	7	0.5	25.540
5	7.5	7	0.5	25.540
6	4.3	3.7	0.6	30.648

**Tabel 5. Hasil Uji Imbibisi Konsentrasi 5%**

Hari	Oil Top (ml)	Oil Bottom (ml)	Vol. Oil (ml)	Oil Rec. (%)
0	6	6.01	0.01	0.498156425
1	6.4	6.41	0.01	0.498156425
2	6.5	6.51	0.01	0.498156425
3	6.5	6.51	0.01	0.498156425
4	6.6	6.61	0.01	0.498156425
5	5.6	5.61	0.01	0.498156425
6	1.05	1.15	0.1	4.981564246

### Hasil Pengujian Coreflooding

Hasil pengujian *coreflooding* bisa dikatakan tidak maksimal karena dijumpai kendala yaitu *plugging* dan macetnya pembacaan pada *pressure gauge* meskipun sudah dilakukan dengan berbagai percobaan untuk menyelesaikannya pada tahapan awal yaitu tahapan saturasi minyak. Tahapan ini sangat penting karena untuk menentukan nilai *Original Oil in Place* (OOIP) dan saturasi minyak awal (Soi).

**Tabel 6. Percobaan Proses Saturasi Minyak pada Uji Coreflooding**

No	Jenis	Keterangan	Hasil
1	Menam bahkan heater 3 buah	Heater awal ada 3 buah	<i>Plugging</i> , pembacaan skala pada <i>pressure gauge</i> berhenti pada angka 80 psi.
2	Menam bahkan heater 2 buah	Heater menja di 5 buah	<i>Plugging</i> , pembacaan skala pada <i>pressure gauge</i> berhenti pada angka 80 psi.
3	Menam bahkan heater 2 buah	Heater menja di 7 buah	<i>Plugging</i> , pembacaan skala pada <i>pressure gauge</i> berhenti pada angka 80 psi.
4	Menam bahkan pengencer (Pertamina Dex)	Heater 7 buah + pengencer hingga konsentrasi 15%	<i>Plugging</i> , pembacaan skala pada <i>pressure gauge</i> berlanjut lebih dari batas (>140 psi).
5	Menam bahkan pengencer (Pertamax Turbo)	Heater 7 buah + pengencer hingga konsentrasi 15%	<i>Plugging</i> , pembacaan skala pada <i>pressure gauge</i> berhenti pada angka 80 psi.
6	Menam bahkan pengencer (Propilen Glikol)	Heater 7 buah + pengencer hingga konsentrasi 20%	<i>Plugging</i> , pada saat kondisi membeku, pengencer terpisah fasanya dengan sampel minyak, pada pembacaan <i>pressure gauge</i> terhenti pada 20 psi.

## IV. KESIMPULAN

1. Penambahan biosurfaktan dapat mengurangi viskositas dari 30,04 cP menjadi 24,61 cP pada temperatur 40°C dan penurunan viskositas dari 4,12 cP menjadi 0,90 cP pada temperatur 80°C dengan konsentrasi 10% serta menurunkan

- nilai IFT maksimum pada konsentrasi 2.5% dari 14.1 mN/m menjadi 7.19 mN/m.
2. Pengujian *phase behavior* maksimum dengan menghasilkan mikroemulsi jenis *middle phase* terbanyak dengan konsentrasi terendah pada 2.5%.
  3. Pengujian imbibisi dilakukan dengan menggunakan dua konsentrasi berdasarkan pengujian viskositas dan IFT, yaitu 2,5% dan 5% dengan hasil konsentrasi 2,5% paling optimum dengan menghasilkan lapisan *film* minyak sebanyak 0,6 ml dan nilai *recovery factor* (RF) sebesar 30,65%.
  4. Pengujian *coreflooding* tidak dapat dilanjutkan disebabkan kendala *plugging* karena sampel minyak yang diuji tergolong medium berat dengan nilai gravity 34,0 °API dan *pour point*nya mencapai 40,6 °C.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Paper ini seluruhnya didanai oleh RISTEKDIKTI dan Insititue for Research and Community Service (LPPM) UPN "Veteran" Yogyakarta, Indonesia pada tahun 2019 PTUPT RISTEKDIKTI. Kami juga berterima kasih kepada tim riset, asisten mahasiswa, tim laboran dari Jurusan Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta.

#### REFERENSI

1. Ansyori, M. R. (2018). Mengenal *Enhanced Oil Recovery* (EOR) sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak. Swara Patra. Kementrian ESDM.
2. Geetha, S. J., Banat, I. M., & Joshi, S. J. (2018). *Biosurfactants: Production and Potential Applications in Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.
3. Massarweh, O., & Abushaikha, A. S. (2020). *The use of surfactants in enhanced oil recovery: a review of recent advances*. *Energy Reports*, 6, 3150-3178.
4. Saravanan, A., Kumar, P. S., Vardhan, K. H., Jeevanantham, S., Karishma, S. B., Yaashikaa, P. R., & Vellaichamy, P. (2020). *A Review on Systematic Approach for Microbial Enhanced Oil Recovery Technologies: Opportunities and Challenges*. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier.
5. Sulistiyarso, H. B., Pamungkas J., Widiyaningsih I., Wahyuningsih T. (2020). *Biosurfactant Injection of "U-Champ" on Heavy Oil Sample in Laboratory for Preliminary to Pilot Project*. *International Journal of Recent Technology and Engineering* (Volume-9 Issue-4.).
6. Sulistiyarso, H. B., Pamungkas, J., Rahayu, S., & Wahyuningsih, T. (2019). Aplikasi Biosurfaktan Dalam Upaya Peningkatan Perolehan Minyak Tahap Lanjut: Uji Laboratorium Pada Sampel Sumur Kw-58. Yogyakarta. LPPM UPN" Veteran" Yogyakarta. 55-60.