

## Uji Pemulihan Cadangan Minyak dengan Injeksi Polimer Kitosan dan Surfaktan Sodium Dodecyl Sulfate Berdasarkan Uji Model Sandpack

Daffa Amelia Asmara<sup>1\*</sup>, Sulardi<sup>2</sup>, Nijusiho Manik<sup>3</sup>  
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia

[ameliasmara413@gmail.com](mailto:ameliasmara413@gmail.com)<sup>1</sup>

### Abstrak

#### Kata Kunci:

Kitosan, Sodium Dodecyl Sulfonate, Recovery Factor, Sandpack Model

Salah satu permasalahan produksi minyak dan gas di Indonesia adalah rendahnya kemampuan lifting produksi minyak dan gas bumi. Penyebabnya adalah banyaknya sumur-sumur produksi yang idle dan sudah tidak diaktifkan lagi. Fokus penelitian adalah pemulihan cadangan minyak dan gas dengan metode injeksi bahan polimer kitosan dan surfaktan sodium dodecyl sulfate (SDS). Penelitian ini bersifat pengujian dan dilakukan dalam skala uji laboratorium. Model injeksi larutan, pertama adalah larutan kombinasi polimer-surfaktan dengan konsentrasi kitosan 1000 mg/L, SDS sebesar 500 mg/L pada salinitas formasi 10000 mg/L. Kedua adalah larutan polimer kitosan konsentrasi kitosan 1000 mg/L dengan salinitas 10000 mg/L. Ketiga adalah larutan surfaktan dengan konsentrasi SDS 500 mg/L dalam salinitas 10000 mg/L. Peningkatan pemulihan produksi minyak dan gas yang dapat dihasilkan dengan injeksi bahan ekstraktor kombinasi polimer surfaktan kitosan dan SDS. 12.25 %.

### Abstract

#### Key Word:

Chitosan, Sodium Dodecyl Sulfonate, Recovery Factor, Sandpack Model

One of the problems of oil and gas production in Indonesia is the low lifting capacity of oil and gas production. The cause is the large number of idle production wells that are no longer activated. The focus of the research is the recovery of oil and gas reserves by injection method of chitosan polymer material and sodium dodecyl sulfate (SDS) surfactant. This research is a test and is carried out on a laboratory test scale. The solution injection model, the first is a polymer-surfactant combination solution with a chitosan concentration of 1000 mg/L, SDS of 500 mg/L at a formation salinity of 10000 mg/L. The second is a chitosan polymer solution with a chitosan concentration of 1000 mg/L with a salinity of 10000 mg/L. The third is a surfactant solution with an SDS concentration of 500 mg/L in a salinity of 10000 mg/L. Increasing the recovery of oil and gas production that can be produced by injection of a combination of chitosan polymer surfactant extractor material and SDS. 12.25%.

Copyright © 2025 Daffa Amelia Asmara, Sulardi, Nijusiho Manik

This work is licensed under an **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)**

## PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan produksi minyak dan gas di Indonesia adalah rendahnya kemampuan lifting produksi minyak dan gas bumi. Penyebabnya adalah banyaknya sumur-sumur produksi yang idle dan sudah tidak diaktifkan lagi. Pada tahun 2024 terdapat 16.990 sumur produksi yang idle. Dari 16.990 sumur tersebut 1.040 sumur diantaranya sedang dilakukan evaluasi untuk direaktivasi. Reaktivasi sumur-sumur yang idle diharapkan dapat menaikkan target lifting produksi tahun 2025 dengan target lifting minyak sebesar 605.500 Barrel per day (barrel oil per day/bpod) dan target lifting produksi gas bumi sebesar 1.005 Barrel oil equivalent per day (boepd) per hari.

Enhanced oil recovery (EOR) adalah metode lanjutan dalam eksploitasi minyak bumi yang bertujuan untuk memulihkan jumlah minyak yang dapat diproduksi dari suatu reservoir setelah penerapan primary dan secondary recovery. Primary recovery biasanya hanya mampu memproduksi sekitar 10-20% dari minyak asal, sedangkan secondary recovery seperti waterflooding dapat menambah hingga 30-40% dari total cadangan minyak. Teknik pemulihan (EOR) bekerja dengan cara mengubah sifat fisik atau kimia dari sistem fluida dan batuan dalam reservoir untuk meningkatkan efisiensi perolehan minyak. Empat cara dalam metode pemulihan cadangan minyak dan gas bumi yaitu dengan cara injeksi air panas (thermal injection), cara injeksi gas (gas EOR), cara injeksi bahan-bahan kimia (chemical EOR), dan cara biotechnological EOR (L. Lake, dkk, 2024). Thermal injection adalah cara pemulihan menggunakan panas untuk mengurangi viskositas minyak, seperti steam flooding dan in-situ combustion. Gas injection adalah dengan cara injeksi gas seperti CO<sub>2</sub>, nitrogen, atau hidrokarbon ringan untuk meningkatkan tekanan reservoir atau melarutkan minyak. Chemical injection

adalah dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia seperti polimer, surfaktan (P. Marya Agustin, dkk, 2017), atau alkaline untuk mengurangi tegangan antar muka minyak-air, meningkatkan sweep efficiency, atau menebalkan air injeksi (Sheng, 2011). Dan biotechnological adalah cara pemulihan dengan menggunakan organisme (A. Bera, dkk, 2014), atau produk biologi (C. P. Jiménez-Gómez, dkk, 2020), untuk meningkatkan produksi minyak bumi, yang lebih dikenal sebagai microbial enhanced oil recovery (R. Sen, (2008) dengan memanfaatkan kemampuan mikroba untuk menghasilkan substansi yang dapat membantu membebaskan minyak yang terperangkap dalam reservoir, meningkatkan permeabilitas batuan, atau memodifikasi sifat minyak.

Pada penelitian ini fokus penelitian adalah pemulihan cadangan minyak dan gas dengan metode injeksi bahan polimer kitosan dan surfaktan sodium dodecyl sulfate (SDS) (M. E. Ahmed, dkk, 2023). Polimer kitosan adalah bahan alami yang berasal dari limbah kulit udang dapat meningkatkan viskositas air yang disuntikkan ke dalam sumur minyak, sehingga mendorong lebih banyak minyak keluar. Surfaktan sodium dodecyl sulfate (SDS) dapat menurunkan tegangan antarmuka antara minyak dan air, sehingga memudahkan pemisahan minyak dari batuan reservoir. SDS adalah surfaktan ionik yang dapat membantu dalam proses ekstraksi minyak (J. R. Al-Assal, dkk, 2023), dengan meningkatkan mobilitas minyak dan memfasilitasi pemisahannya dari formasi batuan.

Dengan penelitian ini akan ditentukan dosis komposisi bahan injeksi polimer kitosan, surfaktan sodium dodecyl sulfate (SDS) dan kombinasi antara polimer kitosan dengan surfaktan sodium dodecyl sulfate SDS sebagai bahan ekstraktor pemulihan cadangan hydrocarbon. Setelah dilakukan injeksi larutan chemical tersebut akan dapat diketahui bagaimana keberhasilan pemulihan produksi minyak dan gas dengan indikator hasil uji densitas, viskositas, absorption test, kompatibility test (M. Dhafa, dkk, 2021), porositas, permeabilitas dan angka recovery factor.

## METODE

Penelitian ini bersifat pengujian dan dilakukan dalam skala uji laboratorirum. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Perminyakan Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan dan di laboratorium Instritut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

### Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi: a) Air aquades, Larutan NaCl dan Larutan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ); b) Kitosan udang dan Surfaktan sodium dodecyl sulfate (SDS); c) Crude oil dan Pasir silika lolos saringan 40 Mesh.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah: a) Glas sandpack 350  $\text{Cm}^3$ , Springe pump, Magnetic stirrer, Batang magnet, Sieve shaker analysis; b) Ph meter, Gelas ukur dan Gelas Backer, Spatula stainless, Oven, Stop watch, piknometer, Pipet tetes; c) Peralatan bantu: Alumunium foil, kertas saring, batang pengaduk, suntukan dan selangnya.

### Metode Penelitian

Metode Pengujian dilakukan: 1) Preparasi bahan dan peralatan, meliputi penyiapan bahan-bahan dan peralatan yang digunakan untuk pengujian. Bahan-bahan meliputi : Bubuk Kitosan, Bubuk SDS, *Deionized water*, dan Asam asetat. Peralatan pengujian meliputi *Sandpack*, Botol sampel kaca bening, *Syringe pump*, *Syringe*, *Syringe hose* dan peralatan bantu lainnya; 2) Formulasi Larutan: a) Formulasi larutan dilakukan di laboratorium, awalnya larutan dibuat dengan konsentrasi larutan kitosan sebesar 2500 dan 5000 mg/L, konsentrasi larutan SDS sebesar 1000 dan 3000 mg/L, serta salinity 10000 dan 20000 mg/L; b) Kemudian konsentrasi disesuaikan menjadi sebesar 500 dan 1000 mg/L untuk masing-masing larutan kitosan dan SDS serta salinity sebesar 5000 dan 10000 mg/L karena larutan kitosan membentuk gelling dan mengendap ketika kontak dengan air formasi serta larutan SDS mengalami precipitation; 3) Cara pembuatan larutan: a) Pengujian dilanjutkan setelah larutan diendapkan selama 24 jam, dan saat diamati tidak membentuk endapan dan gelling; b) Selanjutnya fokus untuk memperhatikan sinergi antara bahan polimer, surfaktan kitosan dan SDS serta pemulihan minyak pada sandpack dengan menurunkan konsentrasi dan salinity air formasi.

### Pengujian Larutan

Dalam pengujian digunakan 15 sampel, dengan konsentrasi Polimer kitosan dan Surfaktan SDS : 500 dan 1000 mg/L. Salinity :sebesar 5000, dan 10000 mg/L. Larutan Kitosan dan SDS sendiri bertindak sebagai kontrol.

Dimana:

D : Kitosan; N : SDS; D N : Kombinasi kitosan dan SDS.

5 : Konsentrasi 500 mg/L; 10 : Konsentrasi 1000 mg/L; 50 : Konsentrasi 1000 mg/L.

Tabel 1 Data Sampel Larutan

| No. | Kode   | Kitosan | SDS  |
|-----|--------|---------|------|
| 1   | D5N5   | 500     | 500  |
| 2   | D5N10  | 500     | 1000 |
| 3   | D5N50  | 500     | 5000 |
| 4   | D10N5  | 1000    | 500  |
| 5   | D10N10 | 1000    | 1000 |
| 6   | D10N50 | 1000    | 5000 |
| 7   | D50N5  | 5000    | 500  |
| 8   | D50N10 | 5000    | 1000 |
| 9   | D50N50 | 5000    | 5000 |
| 10  | D5     | 500     |      |
| 11  | D10    | 1000    |      |
| 12  | D50    | 5000    |      |
| 13  | N5     |         | 500  |
| 14  | N10    |         | 1000 |
| 15  | N50    |         | 5000 |

Sumber : Data analisa (2025)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

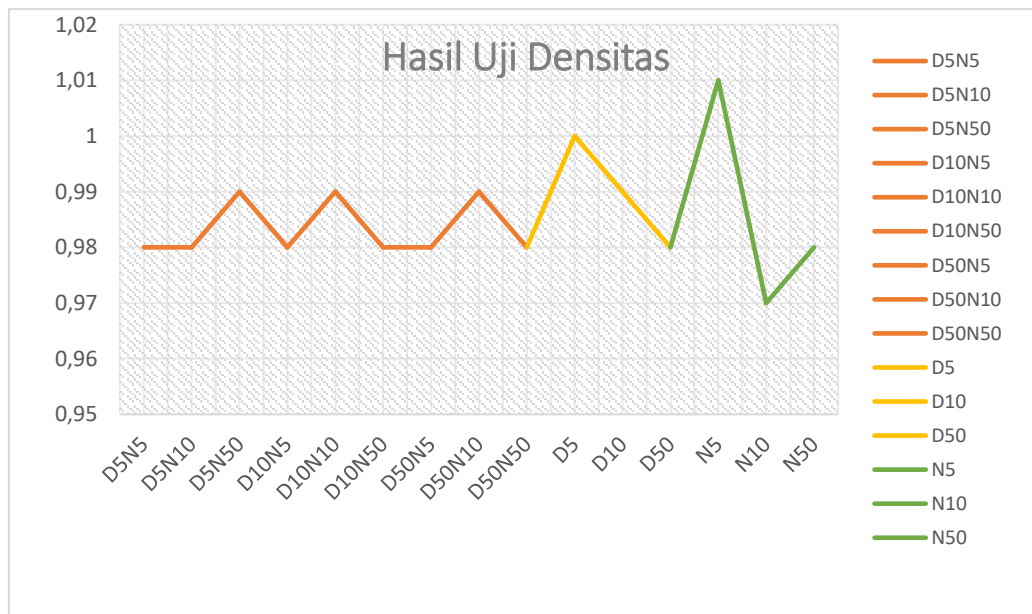
### Hasil Uji Densitas

Uji density dengan alat piknometer 10 ml dan analisa hasil uji dilakukan dengan rumus matematis:

$$\rho_{\text{larutan}} = \frac{m_{\text{larutan}} - m_{\text{inisial}}}{v_{\text{diketahui}}}$$

Tabel 2. Hasil uji Densitas

| Kode Sampel    | D5N5 | D5N10 | D5N50 | D10N5 | D10N10 | D10N50 | D50N5 | D50N10 | D50N50 | D5 | D10  | D50  | N5   | N10  | N50  |
|----------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|----|------|------|------|------|------|
| Density (G/ml) | 0,98 | 0,98  | 0,99  | 0,98  | 0,99   | 0,98   | 0,98  | 0,99   | 0,98   | 1  | 0,99 | 0,98 | 1,01 | 0,97 | 0,98 |



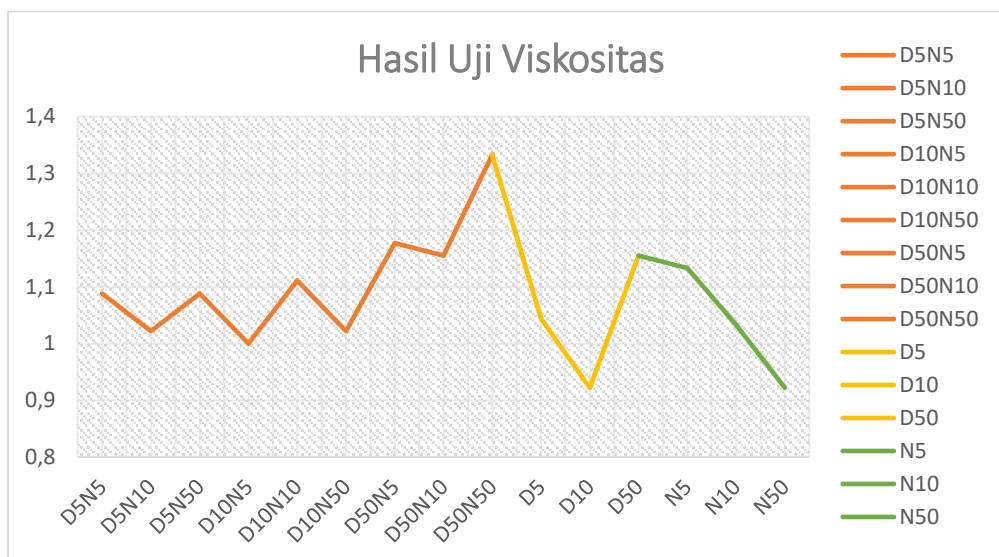
Gambar 1. Grafik Hasil Uji Density

### Hasil Uji Viskositas

Uji viskositas dengan alat viskometer ostwald dan hasil uji dilakukan analisa perhitungan waktu rata-rata cairan mengalir (viskositas) dengan rumus :  $\mu = \mu_0 \frac{t - \rho}{t_0 - \rho_0}$

Tabel 3. Hasil uji Viskositas

| Kode Sampel      | D5N5  | D5N10 | D5N50 | D10N5 | D10N10 | D10N50 | D50N5 | D50N10 | D50N50 | D5    | D10   | D50   | N5    | N10   | N50   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Viscosity (G/ml) | 1,088 | 1,022 | 1,088 | 1,00  | 1,111  | 1,022  | 1,177 | 1,155  | 1,333  | 1,044 | 0,922 | 1,155 | 1,133 | 1,033 | 0,922 |



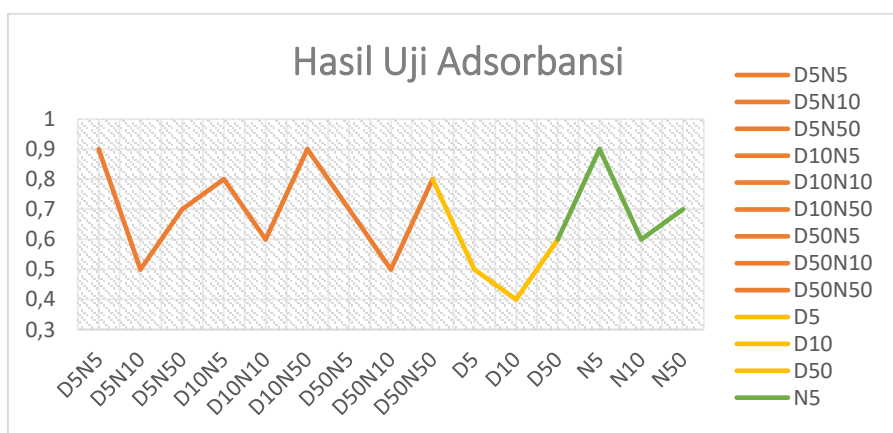
Gambar 2. Grafik Hasil Uji Viskositas

### Hasil Uji Absorption

Uji adsorpsi dengan metode statis, yaitu meletakkan sampel pada tabung reaksi berisi pasir silika, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Kemudian, untuk melihat banyak adsorpsi larutan, diukur dengan menggunakan alat Spectrophotometer UV-Visual kemudian akan didapatkan kurva tren hasil pembacaan tiap larutan.

Tabel 4. Hasil uji Absortion

| Kode Sampel        | D5N5 | D5N10 | D5N50 | D10N5 | D10N10 | D10N50 | D50N5 | D50N10 | D50N50 | D5   | D10  | D50  | N5   | N10  | N50  |
|--------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| Absorbti<br>n (ml) | 0,90 | 0,50  | 0,70  | 0,80  | 0,60   | 0,90   | 0,70  | 0,50   | 0,80   | 0,50 | 0,40 | 0,60 | 0,90 | 0,60 | 0,70 |



Gambar 3. Hasil Uji Adsorbansi

### Hasil Uji Kompability

Uji kompatibilitas dilakukan secara visual dengan mengamati adanya endapan, kekeruhan, dan perubahan warna pada sampel larutan yang didiamkan pada suhu ruang selama 48 jam.

Tabel 5. Hasil Uji Kompabilitas

| Kode   | Kekeruhan    | Endapan        | Perubahan Warna |
|--------|--------------|----------------|-----------------|
| D5N5   | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D5N10  | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D5N50  | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D10N5  | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D10N10 | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D10N50 | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D50N5  | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D50N10 | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D50N50 | Tetap jernih | Sedikit        | Tidak berubah   |
| D5     | Tetap jernih | Sangat Sedikit | Tidak berubah   |
| D10    | Tetap jernih | Sangat Sedikit | Tidak berubah   |

|     |              |                |               |
|-----|--------------|----------------|---------------|
| D50 | Tetap jernih | Sangat Sedikit | Tidak berubah |
| N5  | Tetap jernih | Tidak ada      | Tidak berubah |
| N10 | Tetap jernih | Tidak ada      | Tidak berubah |
| N50 | Tetap jernih | Tidak ada      | Tidak berubah |

Sumber : Analisa data (2025)

#### Porositas

Porositas batuan berpori (*sandpack*) diketahui dengan uji sampel dan hasilnya dilakukan analisa perhitungan rumus,  $Porositas = \frac{volume\ pori}{volume\ total} \times 100\%$

#### Permeabilitas

Ukuran pasir yang digunakan adalah Mesh 40, diameter ayakan : 0.425– 0.85 mm. Dengan butiran pasir rata-rata: 0.6 mm =  $6 \times 10^{-1}$  mm. Konstanta permeabilitas batuan berpori pasir, dihitung dengan Rumus Kozeny Carman yang disimplikasi :  $k = \frac{(d^2 \times \phi)}{(180 \times (1-\phi)^2)}$

#### Nilai Pemulihan

Nilai pemulihan minyak (recovery factor) yang dihasilkan oleh masing-masing bahan injeksi flooding diketahui dengan analisa perhitungan :  $Rf = \left( \frac{Volume\ minyak\ keluar}{volume\ awal\ minyak\ masuk} \right) \times 100\%$

Volume minyak awal (original oil in place) dapat diketahui dengan rumus :  $OOIP = V_p \times S_o$

#### Pembahasan

Berdasarkan hasil test perhitungan viskositas dan densitas, uji kompabilitas dan adsorbsi, sampel yang dipilih untuk diinjeksikan yaitu sampel yang memiliki viskositas dan densitas yang cukup tinggi. Kemudian melihat hasil tes kompabilitas, dipilih sampel larutan yang tidak berubah warna, tidak keruh, dan tidak mengendap. Dari pengamatan serta perhitungan tes adsorbsi, dipilih sampel larutan yang nilai penyerapannya sedikit. Berdasarkan parameter kriteria ini, maka sampel kombinasi polimer-surfaktan yang dipilih yaitu sampel D10N5, yaitu larutan dengan konsentrasi kitosan sebesar 1000 mg/L, SDS sebesar 500 mg/L pada salinity formasi 10000 mg/L dengan hasil ukur viskositas sebesar 1.115 cP, densitas sebesar 0.99 gr/ml, serta hasil observasi tes kompabilitas yaitu larutan tetap jernih, tidak berubah warna, dan endapan hanya sedikit dibandingkan dengan larutan lainnya. Sampel yang dipilih untuk larutan polimer kitosan saja yaitu D10, yaitu larutan dengan konsentrasi kitosan sebesar 1000 mg/L dengan salinity 10000 mg/L. Hasil perhitungan viskositas dan densitas sebesar 1.133 cP, 1.01 gr/ml. Dari hasil pengamatan tes kompabilitas, endapan pada larutan sangat sedikit, tidak berubah warna, dan tidak menjadi keruh. Serta berdasarkan hasil perhitungan adsorbansi, larutan terserap sebesar 0.6 ml. Lalu, sampel yang dipilih untuk surfaktan SDS yaitu sampel N5 yang memiliki konsentrasi SDS sebesar 500 mg/L dalam salinity 10000 mg/L. Hasil perhitungan viskositas dan densitas yaitu 1.117 cP dan 0.97 gr/ml. Dari hasil pengamatan tes kompabilitas, larutan tidak menjadi keruh, tidak berubah warna, dan tidak mengendap. Serta berdasarkan hasil adsorbsi, larutan terserap sebanyak 0.7 gr.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut: 1) Larutan kombinasi polimer-surfaktan yang dipilih adalah D10N5 dengan konsentrasi kitosan 1000 mg/L, SDS sebesar 500 mg/L pada salinity formasi 10000 mg/L. Larutan polimer kitosan dipilih D10 dengan konsentrasi kitosan 1000 mg/L dengan salinity 10000 mg/L. Larutan surfaktan SDS dipilih N5 dengan konsentrasi SDS 500 mg/L dalam salinity 10000 mg/L; 2) Peningkatan pemulihan produksi minyak dan gas yang dapat dihasilkan dengan injeksi bahan ekstraktor kombinasi polimer surfaktan kitosan dan SDS. 12.25 %.

#### DAFTAR REFERENSI

- Ahmed, M. E., Sultan, A. S., Al-Sofi, A., & Al-Hashim, H. S. (2023). Optimization of surfactant-polymer flooding for enhanced oil recovery. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 13(10). <https://doi.org/10.1007/s13202-023-01651-0>
- Al-Assal, J. R., Al-Rubaye, A. H., & Al-Robai, H. A. (2023). Using sodium dodecyl sulfate (SDS) and CO<sub>2</sub> as environmentally friendly method for reducing residual oil saturation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1158(3), 032011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/3/032011>
- Alvarado, V., & Manrique, E. (2010). Enhanced oil recovery: An update review. *Energies*, 3(9), 1529–1575. <https://doi.org/10.3390/en3091529>

- Ariff, N. A. M., Omar, S., & Lim, N. A. A. (2022). The synergization of silica nanoparticle and sodium dodecyl sulfate for chemical flooding application. *ASEAN Engineering Journal*, 12(3), 149–153. <https://doi.org/10.11113/aej.V12.17719>
- Bera, A., Mandal, A., & Guha, B. B. (2014). Synergistic effect of surfactant and salt mixture on interfacial tension reduction between crude oil and water in enhanced oil recovery. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 59(1), 89–96. <https://doi.org/10.1021/je400850c>
- Compass.com. (2024). *Optimalkan sumur idle dan pakai teknologi terkini, pelaku industri optimistis target lifting migas 2025 bakal tercapai*.
- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R. M., & Chiellini, E. (2011). Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 36(8), 981–1014. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci>
- Dhafa, M., Setiati, R., Malinda, M. T., & Anugrahadi, A. (2021). Compatibility test for screening surfactant flooding. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 819(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/819/1/012022>
- Green, D., & Willhite, G. (2028). *Enhanced oil recovery* (2nd ed.). Functional Polymers.
- Hao, H., et al. (2024). A study on the bio-based surfactant sodium cocoyl alaninate as a foaming agent for enhanced oil recovery in high-salt oil reservoirs. *RSC Advances*, 14(7), 4369–4381. <https://doi.org/10.1039/d3ra07840j>
- Jiménez-Gómez, C. P., & Cecilia, J. A. (2020). Chitosan: A natural biopolymer with a wide and varied range of applications. *Molecules*, 25(17), 3981. <https://doi.org/10.3390/molecules25173981>
- Kumar, M. N. V. R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive & Functional Polymers*, 46(1), 1–27.
- Lake, L., Johns, R., Rossen, B., & Pope, G. (2024). *Fundamentals of enhanced oil recovery*.
- Liu, Y., et al. (2024). Effect of different surfactants and nanoparticles on pore-scale oil recovery process using heterogeneous micromodel. *International Journal of Energy Research*, 2024, 5319748. <https://doi.org/10.1155/2024/5319748>
- Marya Agustin, P., & Sediawan, W. B. (2017). *Enhanced oil recovery (EOR) menggunakan larutan campuran sodium lignosulfonat (SLS) dan kitosan*. Universitas Gadjah Mada.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603–632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci>
- Sen, R. (2008). Biotechnology in petroleum recovery: The microbial EOR. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(6), 714–724. <https://doi.org/10.1016/j.pecs>
- Sheng, J. J. (2011). *Modern chemical enhanced oil recovery: Theory and practice*.
- Ulfah, B. M., et al. (2023). The potential of crab chitosan polymer as EOR injection fluid. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1239(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1239/1/012038>.