

Evaluasi Surfaktan Alami dari Daun Sereh, Jeruk Nipis, dan Lidah Buaya terhadap Penurunan Tegangan Antarmuka Minyak–Air untuk Aplikasi *Enhanced Oil Recovery* Skala Laboratorium

Evaluation of Natural Surfactants from Lemongrass, Lime, and Aloe Vera Leaves on the Reduction of Oil–Water Interfacial Tension for Laboratory-Scale Enhanced Oil Recovery Applications

Aisyah Indah Irmaya ^{(1,a)*}, Listriyanto ⁽¹⁾, Sri Haryono ⁽¹⁾ dan Rena Juwita Sari ⁽²⁾

⁽¹⁾Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45, Yogyakarta, Indonesia
Indonesia, 45216

⁽²⁾Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45, Yogyakarta, Indonesia
Indonesia, 45216

Email : (a*) aisyahirmaya@up45.ac.id

Diterima (29 April 2026), Direvisi (23 Juni 2026)

Abstract. *The increasing global energy demand and the decline of production from mature oil reservoirs have encouraged the application of enhanced oil recovery (EOR) technologies to improve oil recovery efficiency. One of the key mechanisms in chemical EOR is the reduction of oil–water interfacial tension using surfactants. However, the use of synthetic surfactants is often constrained by high costs and potential environmental impacts, leading to increasing interest in environmentally friendly alternatives derived from natural materials. This study aims to evaluate the potential of natural plant extracts as surfactants for reducing oil–water interfacial tension as a preliminary approach toward green EOR applications. The study focuses on three natural extracts, namely lemongrass (*Cymbopogon citratus*), lime (*Citrus aurantifolia*), and aloe vera (*Aloe vera*). Laboratory-scale experiments were conducted using a crude oil–distilled water system. Natural extracts were prepared using a maceration extraction method and tested at several concentration variations. Interfacial tension measurements were performed using a laboratory tensiometer under controlled conditions. The results indicate that the addition of natural extracts influences the oil–water interfacial tension. Lemongrass extract demonstrated the most significant reduction, reaching approximately 2.85 mN/m at a concentration of 1%. Aloe vera extract showed fluctuating interfacial tension values across concentration variations, which may be associated with the presence of polysaccharides and saponin compounds affecting interfacial stability. In contrast, lime extract produced relatively minor reductions in interfacial tension compared with the other extracts. The findings highlight the potential of plant-based surfactants as environmentally friendly alternatives for chemical EOR applications and provide preliminary experimental insights into the comparative performance of several locally available natural extracts as biosurfactant candidates.*

Keywords: *biosurfactant, interfacial tension, natural surfactant, enhanced oil recovery, plant extract.*

Abstrak. Peningkatan kebutuhan energi global serta penurunan produksi dari reservoir minyak yang telah matang mendorong penerapan teknologi *enhanced oil recovery* (EOR) untuk meningkatkan perolehan minyak. Salah satu mekanisme utama dalam EOR kimia adalah penurunan tegangan antarmuka minyak–air melalui penggunaan surfaktan. Namun, penggunaan surfaktan sintesis seringkali dibatasi oleh biaya yang relatif tinggi serta potensi dampak terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif surfaktan yang lebih ramah lingkungan yang berasal dari bahan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi ekstrak tanaman alami sebagai surfaktan dalam menurunkan tegangan antarmuka minyak–air sebagai pendekatan awal menuju aplikasi *green* EOR. Penelitian difokuskan pada tiga jenis ekstrak alami yaitu daun sereh

(*Cymbopogon citratus*), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan lidah buaya (*Aloe vera*). Metode penelitian dilakukan secara eksperimental pada skala laboratorium menggunakan sistem minyak mentah dan air suling. Ekstrak alami diperoleh melalui metode ekstraksi maserasi dan diuji pada beberapa variasi konsentrasi. Pengukuran tegangan antarmuka dilakukan menggunakan tensiometer laboratorium pada kondisi pengujian yang terkontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak alami mempengaruhi nilai tegangan antarmuka minyak–air. Ekstrak daun serih menunjukkan kemampuan terbaik dalam menurunkan tegangan antarmuka dengan nilai minimum sekitar 2,85 mN/m pada konsentrasi 1%. Ekstrak lidah buaya menunjukkan pola perubahan yang fluktuatif pada berbagai konsentrasi yang kemungkinan dipengaruhi oleh kandungan polisakarida dan saponin yang mempengaruhi stabilitas antarmuka. Sementara itu, ekstrak jeruk nipis menunjukkan penurunan tegangan antarmuka yang relatif kecil dibandingkan ekstrak lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi ekstrak tanaman sebagai surfaktan alami yang ramah lingkungan untuk aplikasi EOR serta memberikan gambaran awal mengenai kinerja komparatif beberapa ekstrak tanaman lokal sebagai kandidat biosurfaktan.

Kata kunci: biosurfaktan, tegangan antarmuka, surfaktan alami, enhanced oil recovery, ekstrak tanaman

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi global serta menurunnya produksi dari reservoir minyak yang telah memasuki tahap matang (*mature reservoir*) menjadi tantangan utama dalam industri perminyakan [1]. Pada tahap produksi primer dan sekunder, umumnya hanya sekitar 30–40% minyak yang dapat diproduksi dari reservoir, sementara sebagian besar minyak masih terperangkap di dalam pori-pori batuan akibat gaya kapiler dan tingginya tegangan antarmuka antara minyak dan air [2]. Oleh karena itu, teknologi *Enhanced Oil Recovery* (EOR) dikembangkan untuk meningkatkan perolehan minyak tersisa melalui berbagai metode, salah satunya adalah *chemical EOR* menggunakan surfaktan yang berfungsi menurunkan tegangan antarmuka minyak–air sehingga mobilitas minyak meningkat [3].

Surfaktan sintetis telah banyak digunakan dalam proses EOR karena kemampuannya menurunkan *interfacial tension* (IFT) hingga orde ultra-rendah sehingga dapat meningkatkan efisiensi perpindahan minyak di dalam reservoir [4]. Namun demikian, penggunaan surfaktan sintetis memiliki beberapa keterbatasan, antara lain biaya produksi yang relatif tinggi, sensitivitas terhadap kondisi reservoir seperti salinitas dan temperatur, serta potensi dampak lingkungan akibat sifat kimia yang kurang ramah lingkungan [5]. Kondisi tersebut mendorong pengembangan alternatif surfaktan yang lebih berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan biosurfaktan atau surfaktan berbasis bahan alami yang bersifat *biodegradable*, memiliki toksisitas rendah, dan lebih ramah lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai biosurfaktan berkembang pesat karena potensinya dalam berbagai aplikasi industri termasuk *petroleum engineering* [6]. Biosurfaktan diketahui mampu menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka serta meningkatkan mobilitas minyak dalam media berpori [7]. Selain biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme, beberapa penelitian juga melaporkan bahwa ekstrak tanaman yang mengandung senyawa aktif seperti *saponin*, *flavonoid*, dan *polisakarida* memiliki kemampuan sebagai agen penurun tegangan permukaan alami. Senyawa-senyawa tersebut dapat berperan sebagai surfaktan alami karena memiliki struktur molekul yang terdiri dari bagian *hidrofilik* dan *hidrofobik* sehingga mampu menurunkan tegangan antarmuka pada sistem minyak–air.

Meskipun demikian, kajian mengenai pemanfaatan ekstrak tanaman lokal sebagai surfaktan alami untuk aplikasi EOR masih relatif terbatas, khususnya dalam membandingkan efektivitas beberapa jenis tanaman yang berpotensi sebagai biosurfaktan [8]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman seperti sereh, jeruk, dan lidah buaya memiliki kandungan senyawa aktif yang berpotensi menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka [9]. Namun demikian, penelitian eksperimental yang mengevaluasi kinerja ekstrak tanaman tersebut secara langsung terhadap penurunan tegangan antarmuka minyak–air masih belum banyak dilakukan, terutama dalam konteks pengembangan *green surfactant* untuk aplikasi EOR [10].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi beberapa ekstrak tanaman alami sebagai agen penurun tegangan antarmuka minyak–air melalui pengujian laboratorium. Penelitian ini menggunakan ekstrak daun sereh (*Cymbopogon citratus*), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan lidah buaya (*Aloe vera*) yang diekstraksi menggunakan metode maserasi dan diuji pada beberapa variasi konsentrasi. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai tegangan antarmuka antara minyak mentah dan air menggunakan alat tensiometer. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa ekstrak tanaman yang mengandung senyawa aktif alami dapat berperan sebagai surfaktan alami yang mampu menurunkan tegangan antarmuka minyak–air, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai alternatif surfaktan ramah lingkungan dalam teknologi *Enhanced Oil Recovery*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan biosurfaktan berbasis bahan alami sebagai *green chemical* untuk aplikasi EOR di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi potensi ekstrak tanaman alami sebagai agen penurun tegangan antarmuka minyak–air (*interfacial tension/IFT*) yang berpotensi digunakan dalam aplikasi *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Tahapan penelitian meliputi proses persiapan bahan, ekstraksi bahan alami, pembuatan larutan surfaktan alami dengan variasi konsentrasi, serta pengujian nilai tegangan antarmuka menggunakan alat tensiometer.

1. Persiapan Bahan dan Sampel

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari daun sereh (*Cymbopogon citratus*) (**Gambar 1**), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) (**Gambar 2**), dan lidah buaya (*Aloe vera*) (**Gambar 3**) sebagai sumber surfaktan alami. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari pasar lokal dan dipilih dalam kondisi segar. Sebelum proses ekstraksi dilakukan, bahan terlebih dahulu dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil untuk memperbesar luas permukaan kontak selama proses ekstraksi.



Gambar 1. Daun Sereh



Gambar 2. Jeruk Nipis



Gambar 3. Lidah Buaya

Selain bahan tanaman, penelitian ini juga menggunakan minyak mentah (*crude oil*) sebagai sampel minyak yang diuji dalam sistem minyak–air. Sampel minyak mentah disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring untuk menghilangkan partikel padatan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran tegangan antarmuka.

2. Proses Ekstraksi Bahan Alami

Ekstraksi bahan alami dilakukan menggunakan metode maserasi. Bahan tanaman yang telah dipotong kecil-kecil kemudian direndam dalam pelarut etanol dengan perbandingan tertentu selama 3 x 24 jam pada suhu ruang untuk mengekstraksi senyawa aktif yang terkandung di dalamnya. Setelah proses perendaman selesai, larutan ekstrak disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari residu padatan. Hasil ekstraksi dapat dilihat pada **Gambar 4-6**.



Gambar 4. Ekstraksi Daun Sereh



Gambar 5. Ekstraksi Jeruk Nipis



Gambar 6. Ekstraksi Lidah Buaya

Filtrat yang diperoleh kemudian dikumpulkan sebagai ekstrak tanaman yang selanjutnya digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan larutan surfaktan alami untuk pengujian laboratorium.

3. Pembuatan Larutan Surfaktan Alami

Larutan ekstrak tanaman kemudian diencerkan menggunakan air destilasi untuk memperoleh beberapa variasi konsentrasi larutan, yaitu 0; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 (% b/v) yang setara dengan 0; 2000; 5000; 10.000; 15.000 dan 20.000 ppm. Variasi konsentrasi ini dibuat

untuk mengevaluasi pengaruh peningkatan konsentrasi ekstrak terhadap kemampuan menurunkan tegangan antarmuka minyak–air.

Setiap larutan disiapkan dalam volume yang sama dan diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga larutan homogen sebelum dilakukan pengujian tegangan antarmuka.

4. Pengukuran Tegangan Antarmuka (IFT)

Pengukuran *interfacial tension* (IFT) antara minyak mentah dan larutan ekstrak tanaman dilakukan menggunakan tensiometer di laboratorium. Pada pengujian ini, larutan ekstrak ditempatkan dalam wadah pengujian kemudian ditambahkan tetesan minyak mentah. Alat tensiometer digunakan untuk mengukur nilai tegangan antarmuka antara kedua fluida tersebut.

Setiap pengujian dilakukan pada suhu ruang ($\pm 30^{\circ}\text{C}$) untuk menjaga konsistensi kondisi eksperimen. Nilai tegangan antarmuka dicatat untuk setiap variasi konsentrasi ekstrak tanaman sehingga dapat dianalisis hubungan antara konsentrasi ekstrak dengan penurunan nilai tegangan antarmuka.

5. Analisis Data

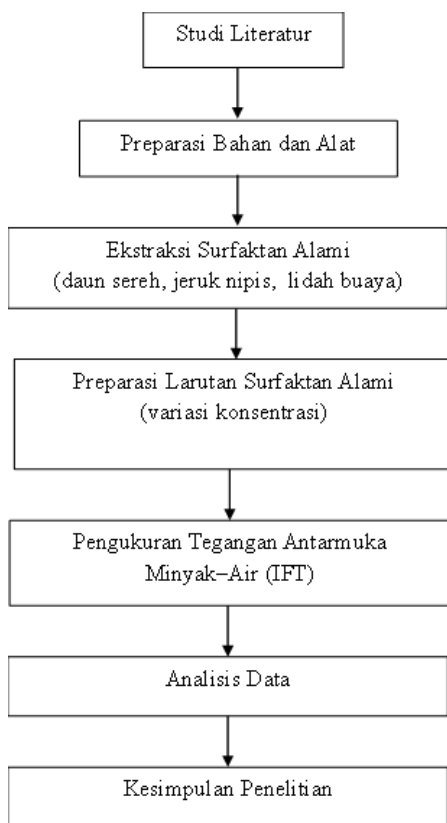
Data hasil pengukuran tegangan antarmuka kemudian dianalisis dengan cara membandingkan nilai IFT pada setiap variasi konsentrasi ekstrak tanaman. Hasil pengukuran selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara konsentrasi ekstrak dan nilai tegangan antarmuka. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi ekstrak tanaman yang memiliki kemampuan terbaik dalam menurunkan tegangan antarmuka minyak–air serta mengevaluasi potensi penggunaannya sebagai surfaktan alami dalam aplikasi *Enhanced Oil Recovery*.

6. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir penelitian (**Gambar 7**) yang meliputi tahapan berikut:

1. Studi literatur mengenai biosurfaktan dan aplikasi EOR
2. Persiapan bahan dan sampel penelitian
3. Proses ekstraksi bahan alami menggunakan metode maserasi
4. Pembuatan larutan ekstrak dengan variasi konsentrasi
5. Pengujian tegangan antarmuka minyak–air menggunakan tensiometer
6. Pengolahan dan analisis data hasil pengujian
7. Kesimpulan penelitian

Diagram alir penelitian ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sehingga penelitian dapat direplikasi kembali pada kondisi yang sama.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

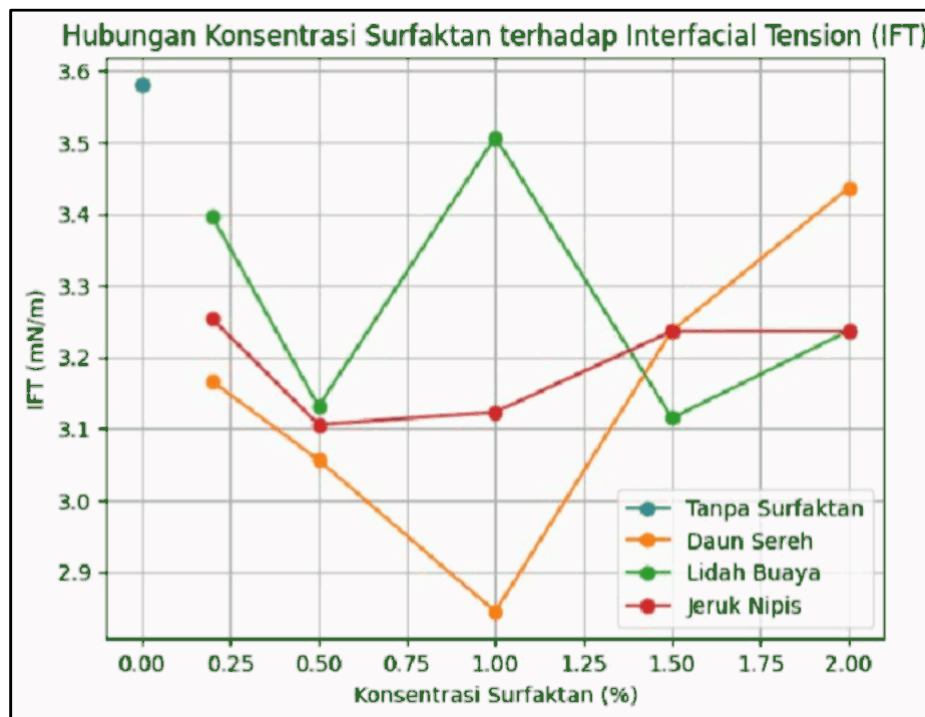
Pengukuran tegangan antarmuka minyak–air dilakukan pada lima variasi konsentrasi untuk masing-masing ekstrak, serta satu kondisi kontrol tanpa surfaktan. Hasil tegangan antarmuka dinyatakan dalam satuan mN/m. Nilai tegangan antarmuka minyak-air dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Tegangan Antarmuka Minyak–Air pada Berbagai Konsentrasi Surfaktan Alami

No	Jenis Ekstrak Alami	Konsentrasi (% b/v)	Tegangan Antarmuka (mN/m)
1	Tanpa surfaktan (kontrol)	0,0	3,581022787
2	Daun sereh	0,2	3,166118836
3	Daun sereh	0,5	3,056674671
4	Daun sereh	1,0	2,84468739
5	Daun sereh	1,5	3,237355995
6	Daun sereh	2,0	3,436530948
7	Jeruk nipis	0,2	3,25337801
8	Jeruk nipis	0,5	3,105873227
9	Jeruk nipis	1,0	3,123588109
10	Jeruk nipis	1,5	3,236562133
11	Jeruk nipis	2,0	3,236770773
12	Lidah buaya	0,2	3,39627459
13	Lidah buaya	0,5	3,13147552
14	Lidah buaya	1,0	3,50742209
15	Lidah buaya	1,5	3,115246987
16	Lidah buaya	2,0	3,236984444

Hubungan Konsentrasi Surfaktan Alami terhadap Tegangan Antarmuka

Untuk mempermudah interpretasi hasil, hubungan antara konsentrasi surfaktan alami dan tegangan antarmuka minyak–air disajikan dalam bentuk grafik (**Gambar 8**)



Gambar 8. Grafik IFT vs Konsentrasi Surfaktan Alami

Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Tanaman terhadap Nilai Interfacial Tension (IFT)

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa penambahan ekstrak tanaman sebagai surfaktan alami memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai interfacial tension (IFT) antara minyak mentah dan air pada suhu 30°C. Pada kondisi tanpa penambahan surfaktan (0%), sebesar nilai IFT yang diperoleh 3,581 mN/m. Nilai ini menggambarkan kondisi dasar interaksi antara fase minyak dan air sebelum adanya penambahan agen penurun tegangan antarmuka. Secara umum, penambahan surfaktan dapat menurunkan nilai IFT karena molekul surfaktan memiliki sifat amfifilik yang memungkinkan bagian hidrofilik berinteraksi dengan fase air dan bagian hidrofobik berinteraksi dengan fase minyak, sehingga menurunkan energi antarmuka antara kedua fluida tersebut [11]. Mekanisme ini menyebabkan gaya kapiler yang menahan minyak di dalam pori batuan menjadi lebih kecil sehingga minyak lebih mudah dimobilisasi dalam proses Enhanced Oil Recovery (EOR) [12].

Pada ekstrak daun sereh (*Cymbopogon citratus*), nilai IFT menunjukkan kecenderungan menurun dengan bertambahnya konsentrasi hingga mencapai nilai minimum pada konsentrasi 1%, yaitu sekitar 2,84 mN/m. Penurunan nilai IFT ini menunjukkan bahwa ekstrak daun sereh memiliki kemampuan sebagai surfaktan alami yang mampu menurunkan tegangan antarmuka minyak–air. Senyawa aktif seperti *saponin*, *flavonoid*, dan minyak atsiri yang terkandung dalam tanaman diketahui memiliki aktivitas permukaan yang memungkinkan molekulnya teradsorpsi pada permukaan antarmuka fluida [13]. Adsorpsi molekul tersebut menyebabkan penurunan energi permukaan sehingga nilai IFT menjadi lebih rendah. Fenomena serupa juga dilaporkan pada penelitian biosurfaktan berbasis tanaman yang menunjukkan kemampuan menurunkan nilai IFT secara signifikan pada konsentrasi tertentu.

Namun demikian, pada konsentrasi 1,5% dan 2%, nilai IFT kembali meningkat. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum ekstrak daun sereh dalam menurunkan IFT kemungkinan telah tercapai pada konsentrasi 1%. Peningkatan nilai IFT pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh kejenuhan adsorpsi molekul aktif pada antarmuka minyak-air atau perubahan interaksi antar molekul surfaktan dalam larutan. Karena pengukuran CMC tidak dilakukan pada penelitian ini, hubungan fenomena tersebut dengan critical micelle concentration (CMC) belum dapat dipastikan.

Namun demikian, pada konsentrasi 1,5% dan 2%, nilai IFT kembali meningkat. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum ekstrak daun sereh dalam menurunkan IFT kemungkinan telah tercapai pada konsentrasi 1%. Peningkatan nilai IFT pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh kejenuhan adsorpsi molekul aktif pada antarmuka minyak-air atau perubahan interaksi antar molekul surfaktan dalam larutan. Karena pengukuran CMC tidak dilakukan pada penelitian ini, hubungan fenomena tersebut dengan critical micelle concentration (CMC) belum dapat dipastikan.

Namun demikian, pada konsentrasi 1,5% dan 2%, nilai IFT kembali meningkat. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum ekstrak daun sereh dalam menurunkan IFT kemungkinan telah tercapai pada konsentrasi 1%. Peningkatan nilai IFT pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh kejenuhan adsorpsi molekul aktif pada antarmuka minyak-air atau perubahan interaksi antar molekul surfaktan dalam larutan. Karena pengukuran CMC tidak dilakukan pada penelitian ini, hubungan fenomena tersebut dengan critical micelle concentration (CMC) belum dapat dipastikan.

Pada ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*), perubahan nilai IFT menunjukkan pola yang relatif fluktuatif. Nilai IFT pada konsentrasi 0,2% sebesar 3,39 mN/m kemudian menurun menjadi 3,13 mN/m pada konsentrasi 0,5%, namun meningkat kembali pada konsentrasi 1% hingga 3,50 mN/m sebelum kembali menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi. Pola ini kemungkinan dipengaruhi oleh komposisi senyawa aktif pada lidah buaya yang sebagian besar berupa polisakarida dan senyawa hidrofilik yang tidak seluruhnya memiliki aktivitas permukaan kuat. Akibatnya, kemampuan ekstrak lidah buaya dalam menurunkan tegangan antarmuka relatif lebih kecil dibandingkan ekstrak daun sereh.

Sementara itu, ekstrak jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) menunjukkan kecenderungan penurunan nilai IFT pada konsentrasi rendah hingga sedang dengan nilai terendah pada konsentrasi 0,5% sebesar sekitar 3,10 mN/m. Kandungan senyawa seperti asam organik dan minyak atsiri dalam jeruk nipis diduga dapat mempengaruhi interaksi antarmuka antara minyak dan air. Meskipun demikian, secara keseluruhan kemampuan ekstrak jeruk nipis dalam menurunkan nilai IFT masih lebih rendah dibandingkan ekstrak daun sereh.

Jika dibandingkan antara ketiga jenis ekstrak tanaman yang diuji, ekstrak daun sereh menunjukkan performa terbaik dalam menurunkan nilai *interfacial tension*, khususnya pada konsentrasi 1%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun sereh memiliki potensi lebih besar untuk dikembangkan sebagai biosurfaktan alami dalam aplikasi EOR. Penurunan tegangan antarmuka dapat meningkatkan capillary number, yaitu rasio antara gaya viskos dan gaya kapiler, sehingga minyak yang sebelumnya terperangkap dalam pori batuan dapat lebih mudah dimobilisasi menuju sumur produksi.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa biosurfaktan berbasis bahan alami mampu menurunkan nilai tegangan antarmuka minyak-air. Beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak tanaman atau biosurfaktan berbasis saponin dapat menurunkan nilai IFT dari puluhan mN/m menjadi hanya beberapa mN/m tergantung pada jenis bahan dan konsentrasi yang digunakan [14, 15]. Dengan demikian, penggunaan ekstrak tanaman sebagai surfaktan alami memiliki potensi sebagai *green* surfactant yang lebih ramah lingkungan dibandingkan surfaktan sintesis yang

umum digunakan pada proses chemical EOR.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung hipotesis bahwa ekstrak tanaman yang mengandung senyawa aktif alami dapat berfungsi sebagai surfaktan yang mampu menurunkan tegangan antarmuka minyak–air. Meskipun nilai IFT yang diperoleh masih berada pada kisaran beberapa mN/m, hasil ini menunjukkan potensi awal penggunaan bahan alami sebagai agen surfaktan dalam teknologi EOR. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan metode ekstraksi, konsentrasi surfaktan, serta kondisi pengujian agar diperoleh penurunan nilai IFT yang lebih signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekstrak tanaman alami memiliki pengaruh terhadap penurunan nilai *interfacial tension* (IFT) antara minyak mentah dan air. Penambahan konsentrasi surfaktan alami menunjukkan adanya perubahan nilai IFT, dimana pada konsentrasi tertentu terjadi penurunan tegangan antarmuka yang menunjukkan efektivitas ekstrak sebagai agen surfaktan.

Dari ketiga jenis ekstrak yang diuji (daun sereh, lidah buaya, dan jeruk nipis), ekstrak daun sereh pada konsentrasi 1% mampu menurunkan IFT dari 28,5 mN/m menjadi 2,84 mN/m atau sekitar 90,0%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun sereh memiliki potensi paling baik sebagai surfaktan alami dibandingkan dengan ekstrak lainnya. Sementara itu, ekstrak lidah buaya dan jeruk nipis menunjukkan kemampuan penurunan IFT yang lebih rendah dan cenderung fluktuatif terhadap perubahan konsentrasi.

Hasil penelitian ini menjawab tujuan penelitian yaitu mengevaluasi potensi ekstrak tanaman sebagai agen penurun tegangan antarmuka minyak–air melalui pengujian laboratorium. Selain itu, hasil yang diperoleh juga mendukung hipotesis bahwa senyawa aktif dalam ekstrak tanaman dapat berperan sebagai surfaktan alami yang mampu menurunkan tegangan antarmuka.

Dengan demikian, ekstrak tanaman khususnya daun sereh berpotensi untuk dikembangkan sebagai *green* surfactant dalam aplikasi *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Namun demikian, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan konsentrasi, metode ekstraksi, serta kondisi pengujian agar diperoleh kinerja penurunan tegangan antarmuka yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Proklamasi 45 yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] G. K. Pothula, R. K. Viji, and A. Bera, "An overview of chemical enhanced oil recovery and its status in India," *Petroleum Science*, vol. 20, no. 4, pp. 2305-2323, 2023/08/01/ 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.petsci.2023.01.001>.
- [2] A. Sukee, T. Nunta, M. A. Haruna, A. Kalantariasl, and S. Tangparitkul, "Influence of sequential changes in the crude oil-water interfacial tension on spontaneous imbibition in oil-wet sandstone,"

- Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 210, p. 110032, 2022.
- [3] C. Negin, S. Ali, and Q. Xie, "Most common surfactants employed in chemical enhanced oil recovery," *Petroleum*, vol. 3, no. 2, pp. 197-211, 2017.
- [4] H. Kesarwani, A. Saxena, A. Mandal, and S. Sharma, "Anionic/nonionic surfactant mixture for enhanced oil recovery through the investigation of adsorption, interfacial, rheological, and rock wetting characteristics," *Energy & Fuels*, vol. 35, no. 4, pp. 3065-3078, 2021.
- [5] T. Al-Ghailani, Y. M. Al-Wahaibi, S. J. Joshi, S. N. Al-Bahry, A. E. Elshafie, and A. S. Al-Bemani, "Application of a new bio-ASP for enhancement of oil recovery: Mechanism study and core displacement test," *Fuel*, vol. 287, p. 119432, 2021.
- [6] C. Ceresa, L. Fracchia, E. Fedeli, C. Porta, and I. M. Banat, "Recent advances in biomedical, therapeutic and pharmaceutical applications of microbial surfactants," *Pharmaceutics*, vol. 13, no. 4, p. 466, 2021.
- [7] Y. E. d. S. Faccioli, K. W. De Oliveira, J. M. Campos-Guerra, A. Converti, R. d. C. F. Soares da Silva, and L. A. Sarubbo, "Biosurfactants: Chemical properties, ecofriendly environmental applications, and uses in the industrial energy sector," *Energies*, vol. 17, no. 20, p. 5042, 2024.
- [8] A. Gbadamosi, A. Yusuff, A. Agi, and J. Oseh, *An overview of natural surfactant application for enhanced oil recovery*. IntechOpen, 2022.
- [9] M. Abdurrahman *et al.*, "Ecofriendly natural surfactants in the oil and gas industry: A comprehensive review," *ACS omega*, vol. 8, no. 44, pp. 41004-41021, 2023.
- [10] S. M. Hama, A. K. Manshad, and J. A. Ali, "Review of the application of natural surfactants in enhanced oil recovery: state-of-the-art and perspectives," *Energy & Fuels*, vol. 37, no. 14, pp. 10061-10086, 2023.
- [11] S. R. Shadizadeh, S. R. Seyedi Abandankashi, and S. Moradi, "Experimental investigation used of albizia julibrissin extract as a plant surfactant on oil recovery," *Iranian Journal of Oil and Gas Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 89-106, 2021.
- [12] L. A. Khamees, G. H. H Abdul-Majeed, and A. A. Alhaleem, "A review of improving the heavy crude oil transportation process using additives," *Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, vol. 59, no. 2, pp. 291-338, 2025.
- [13] T. Sundaram *et al.*, "Advancements in biosurfactant production using agro-industrial waste for industrial and environmental applications," *Frontiers in microbiology*, vol. 15, p. 1357302, 2024.
- [14] S. Chowdhury, S. Shrivastava, A. Kakati, and J. S. Sangwai, "Comprehensive review on the role of surfactants in the chemical enhanced oil recovery process," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 61, no. 1, pp. 21-64, 2022.
- [15] S. Ray, S. Sankhyan, M. Sonkar, and P. Kumar, "Role of biosurfactants in the remediation of emerging pollutants," in *Management and Mitigation of Emerging Pollutants*: Springer, 2023, pp. 411-432.

