



# Sintesis Asam Oktil Lignosulfonat dan Selulosa Sulfat Sebagai Surfaktan dari Limbah Gergaji Kayu Untuk Aplikasi *Enhanced Oil Recovery*

Fadri Fadila<sup>1</sup>, Anggita Rahma Adriani<sup>2</sup> dan Rizqi Muhamad Resa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta 55281  
Indonesia  
E-mail: fadri.fadila@ugm.ac.id

**Abstrak.** Telah dilakukan sintesis asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat sebagai surfaktan untuk aplikasi Enhanced Oil Recovery (EOR). Natrium sulfit digunakan sebagai reagen dalam proses sulfonasi lignin untuk memperoleh asam oktil lignosulfonat. Sulfonasi selulosa dilakukan dengan metode sulfonasi langsung menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH dalam kondisi dingin. Karakterisasi senyawa dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR dan SEM-EDX. Senyawa ini kemudian diuji kinerja surfaktannya meliputi kompatibilitas, kelakuan fasa dan nilai tegangan antar muka. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa pada lignin terdapat serapan pita pada bilangan gelombang 1326-1330 cm<sup>-1</sup> dan 1219-1265 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi dari cincin siringil dan cincin guasil. Sulfonasi lignin dikonfirmasi pada bilangan gelombang 1172 dan 1126 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi regangan dari ikatan S=O. Serapan pita spesifik pada selulosa dikonfirmasi pada bilangan gelombang 894 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ciri khas dari ikatan β-1,4-glikosida. Munculnya pita baru pada selulosa sulfat pada bilangan gelombang 1180 and 1126 cm<sup>-1</sup> mengkonfirmasi adanya ikatan S=O. Data EDX menunjukkan terjadinya peningkatan komposisi atom oksigen dan sulfur pada spesimen asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat setelah proses sulfonasi dilakukan. Baik asam oktil lignosulfonat maupun selulosa sulfat, kompatibel dengan air formasi dengan jenis emulsi fasa tengah dan nilai IFT berturut – turut 2.85 x 10<sup>-1</sup> mN/m and 3.03 x 10<sup>-1</sup> mN/m.

**Kata kunci :** selulosa sulfat, asam oktil lignosulfonat, surfaktan

**Abstract.** Synthesis of octyl lignosulfonic acid and cellulose sulfate as surfactant for Enhanced Oil Recovery (EOR) has been carried out. Sodium sulfite was a reagent for sulfonation of lignin to obtain octyl lignosulfonic acid. Sulfonation of cellulose was performed by direct method with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH in mild condition. Characterization of the compound was done by using FTIR spectrophotometer and SEM-EDX. These compounds were tested for surfactant performance include compatibility, phase behavior, and interfacial tension (IFT). The results showed that the lignin absorption bands were confirmed around 1326-1330 cm<sup>-1</sup> and 1219-1265 cm<sup>-1</sup>, caused by stretching vibrations of syringyl and guaiacyl rings. Sulfonation of lignin was confirmed at 1172 and 1126 cm<sup>-1</sup> assigned to stretching vibration of S=O bond. For cellulose, the specific absorption band was confirmed at 894 cm<sup>-1</sup> assigned to vibration of β-1,4 glycosidic. For cellulose sulfate, new absorption bands located at 1180 and 1126 cm<sup>-1</sup> assigned to stretching vibration of S=O bond. EDX data showed that the percentage of oxygen and sulfur atoms increased for both after sulfonation. Octyl lignosulfonic acid and cellulose sulfate were compatible in oil field water with middle phase behavior and the interfacial tension were 2.85 x 10<sup>-1</sup> and 3.03 x 10<sup>-1</sup> mN/m, respectively.

**Keywords:** cellulose sulfate, octyl lignosulfonic acid, surfactant

## I. Pendahuluan

Dari tahun ke tahun konsumsi bahan bakar di Indonesia terus meningkat, namun tidak diiringi dengan produksi minyak yang cukup [1], maka enhanced oil recovery (EOR) menjadi penelitian penting dalam eksplorasi cadangan minyak. Penggunaan surfaktan merupakan salah satu metode EOR yang efektif. Surfaktan dalam industri pengolahan minyak memiliki fungsi yaitu dapat menurunkan nilai tegangan antarmuka minyak/air sehingga efisiensi dari pengolahan minyak dapat ditingkatkan [2]. Hanya 5-10% minyak yang dapat diperoleh menggunakan metode *primary recovery* [3]. Pada umumnya pengolahan minyak menggunakan metode *primary* dan *secondary recovery* menghasilkan sekitar 33% dari jumlah total minyak yang terdapat dalam *reservoir* [4]. Zerpa dan Queipo [5] melaporkan bahwa pengolahan minyak menggunakan metode *tercier/enhanced* dapat menghasilkan minyak lebih dari 60% total minyak dalam *reservoir*.

Pada umumnya surfaktan yang digunakan dalam industri perminyakan merupakan surfaktan berbasis minyak bumi seperti: *petroleum sulfonate*, *alkyl benzene sulfonat* dan *petroleum carboxylate* [6], namun untuk pembuatannya membutuhkan biaya yang tinggi dan tidak *renewable* [7]. Untuk menghasilkan surfaktan dengan efisiensi yang cukup baik dengan biaya produksi yang rendah, maka perlu dikembangkan surfaktan berbasis bahan alam yang memiliki sifat ramah lingkungan dan ketersediannya cukup melimpah.

Surfaktan berbasis bahan alam seperti lignosulfonat dan selulosa sulfat dapat dijadikan alternatif pengganti surfaktan berbasis minyak bumi. Lignosulfonat dan selulosa sulfat merupakan suatu polimer alam turunan dari senyawa lignin dan selulosa yang dapat diperoleh dari biomassa, salah satunya limbah gergaji kayu. Kandungan lignin dan selulosa pada limbah gergaji kayu (*hardwood*) berturut-turut berkisar 16-24% dan 43-47% [8]. Pembuatan surfaktan dari lignin dan selulosa telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Azis dkk [9] melaporkan bahwa surfaktan yang berasal dari lignosulfonat berpotensi untuk diaplikasikan dalam enhanced oil recovery. Sedangkan selulosa dapat digunakan sebagai material awal untuk aplikasi surfaktan [10].

Dalam paper ini, pengembangan surfaktan berbasis bahan alam yang memiliki kinerja cukup baik dengan harga terjangkau telah berhasil dilakukan. Lignin dan selulosa yang telah diisolasi dari limbah gergaji kayu kemudian dimodifikasi strukturnya menjadi asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat. Seluruh produk sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan SEM-EDX. Uji surfaktan meliputi kompatibilitas, kelakuan fasa dan nilai tegangan antarmuka juga dilakukan dalam skala laboratorium sebelum surfaktan diterapkan dalam aplikasi *enhanced oil recovery*.

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari bahan dan alat yang digunakan serta prosedur kerja.

### 2.1. Bahan

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini kualitas pro analitik dari Merck seperti natrium hidroksida (NaOH), natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98%, asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 100%, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 65%, etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), 1-klorooktana ( $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{Cl}$ ), pH universal, air formasi, *crude oil*, minyak solar, dan limbah gergaji kayu.

### 2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat refluks, labu leher tiga 250 mL, peralatan gelas laboratorium, tabung reaksi (Iwaki), hotplate (thermoscientific) yang dilengkapi magnetit stirrer, oven dan timbangan analitik (Libror EB-330 Shimadzu). Peralatan untuk karakterisasi meliputi: FTIR (Shimadzu Prestige-21), SEM-EDX (JEOL JED 2300) dan spinning drop interfacial tensiometer (TX500D model).

### 2.3. Prosedur

#### 2.3.1. Persiapan limbah gergaji kayu

Limbah gergaji kayu yang diperoleh dari tempat pemotongan kayu dibersihkan dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian dihaluskan menggunakan grinder. Limbah gergaji kayu kemudian di rendam dalam air panas selama 2 jam pada suhu 100 °C kemudian dibilas dengan etanol dan dikeringkan.



### 2.3.2. Isolasi lignin

Limbah gergaji kayu sebanyak 25 g dimasukkan ke dalam labu leher 3. Setelah itu ditambahkan larutan NaOH 2% dan etanol dengan perbandingan 1:1. Direfluks selama 2 jam pada suhu 90 – 95 °C. Diperoleh filtrat yang berupa (lignin) dan residu yang berupa (selulosa). Filtrat kemudian disaring kemudian disebut black liquor dan dipisahkan dengan residu yang berupa crude selulosa. Lignin diendapkan dengan menambahkan asam sulfat hingga pH 2 pada black liquor. Endapan lignin disaring, dibilas dengan aquades, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Produk isolasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.3. Isolasi Selulosa

Residu selulosa yang diperoleh pada tahap sebelumnya kemudian direaksikan dengan campuran asam asetat dan asam nitrat dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian direfluks selama satu jam pada suhu 95 °C. Padatan selulosa yang diperoleh kemudian dibias menggunakan etanol dan aquades. Selulosa yang telah dimurnikan kemudian dikeringkan dan dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.4. Alkilasi lignin

Lignin sebanyak 1 g ditambahkan kedalam larutan NaOH (1.3 g NaOH dalam 5 mL air panas) dimasukkan ke dalam labu leher 3 kapasitas 250 mL. 1-klorooktana ditambahkan sebanyak 5 mL dengan cara tetes per tetes kemudian direfluks selama 1 jam pada suhu 75-80 °C. Ditambahkan asam sulfat hingga terbentuk padatan oktil lignin. Oktil lignin yang diperoleh kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk alkilasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.5. Sulfonasi lignin

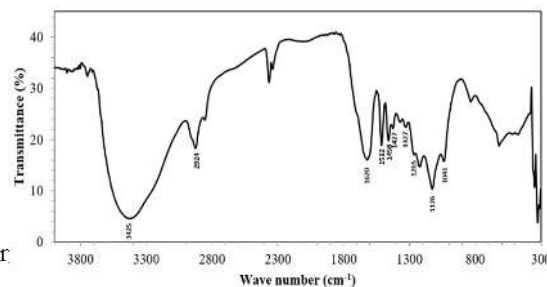
Oktil lignin sebanyak 1 g, 0.8 g Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan 1,2 g NaOH dimasukkan ke dalam labu leher 3 kapasitas 250 mL. Campuran ditambahkan aquades sebanyak 10 mL dan direfluks selama 4 jam pada suhu 90 – 95 °C. Setelah selesai, ditambahkan asam sulfat hingga pH larutan menjadi 2. Padatan Asam oktil lignosulfonat yang diperoleh kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk sulfonasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.6. Sulfonasi selulosa

Sulfonasi selulosa dilakukan dengan menggunakan metode *direct sulfonation*. Sebanyak 1.5 g selulosa dilarutkan dalam asam sulfat pekat dingin, etanol absolut dan 0.8 g natrium sulfat didalam erlenmeyer. campuran kemudian diaduk selama 4 jam dan dijaga suhunya dibawah 0 °C. Selanjutnya, sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan padatan dan larutan. Padatan yang diperoleh kemudian di bilas menggunakan etanol absolut. Padatan selulosa sulfat kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk sulfonasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

## III. Hasil Dan Pembahasan

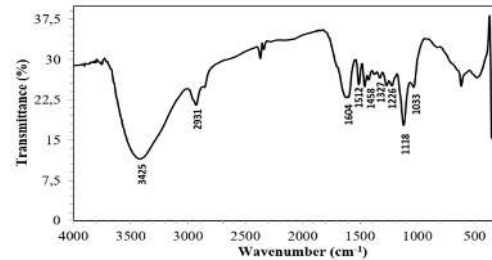
### 3.1. Isolasi lignin



Gambar 1. Spektur

Setiap spektrum IR lignin memiliki pita Serapan yang lebar pada daerah  $3500 - 3100 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi stretching dari gugus  $-\text{OH}$ . Serapan pita ini dikarenakan adanya ikatan hidrogen pada gugus hidroksi alkohol dan fenol dalam struktur lignin. Pita serapan yang berlokasi disekitar  $1400 - 1600 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari cincin aromatik [11]. Pada spektrum lignin, serapan pita pada daerah  $1327 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan dari vibrasi cincin siringil yang merupakan ciri khas dari kayu keras (hardwood), sedangkan pada pita serapan  $1265 \text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi dari cincin guasil pada lignin [12].

### 3.2. Oktil lignin

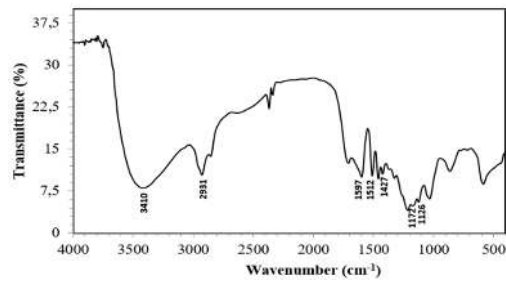


Gambar 2. Spektrum FTIR oktil lignin.

Gambar diatas menunjukkan spektrum oktil lignin yang tidak berbeda secara signifikan dari spektrum lignin. Serapan gugus fungsi utama seperti serapan eter pada bilangan gelombang  $1118 \text{ cm}^{-1}$ , cincin aromatik pada  $1512-1604 \text{ cm}^{-1}$  tidak jauh berbeda dengan senyawa lignin. Namun intensitas serapan gugus  $-\text{OH}$  pada oktil lignin lebih rendah dibandingkan pada senyawa lignin. Hal itu menunjukkan, setelah proses alkilasi beberapa gugus fenol pada lignin telah teralkilasi oleh gugus oktil.

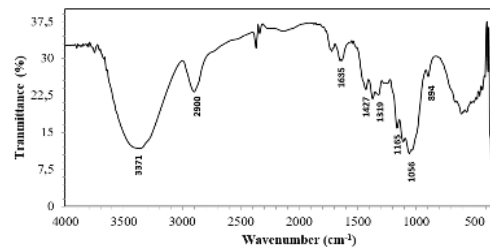


### 3.3. Asam oktil lignosulfonat



Gambar 3. Spektrum FTIR asam oktil lignosulfonat

Serapan pita lebar pada daerah  $3500 - 3200 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari gugus  $-\text{OH}$  yang berasal gugus hidroksil fenolik. Pada daerah sekitar  $1400-1600 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari cincin aromatic pada lignin. Adanya puncak yang muncul pada bilangan gelombang  $1172 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1126 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan  $\text{S}=\text{O}$ .

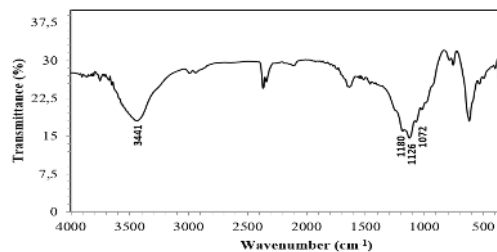


Gambar 4. Spektrum FTIR selulosa hasil isolasi

### 3.4. Isolasi selulosa

Spektrum FTIR selulosa memiliki serapan pita pada bilangan gelombang  $3100-3600 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi dari regangan  $-\text{OH}$ . Regangan  $\text{C}-\text{O}$  pada  $\text{C}-\text{O}-\text{H}$  dan  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  diobservasi pada bilangan gelombang  $1056-1165 \text{ cm}^{-1}$ . Serapan pita pada bilangan gelombang  $894 \text{ cm}^{-1}$  merupakan ciri khas dari regangan  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  pada selulosa yang merupakan ikatan 1,4-B glikosida [13].

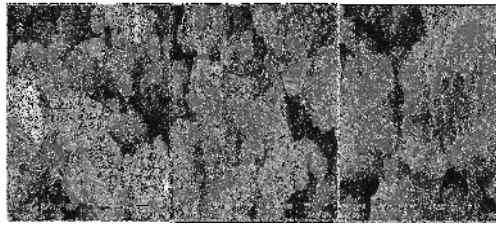
### 3.5. Selulosa sulfat



Gambar 5. Spektrum selulosa sulfat

Proses sulfonasi selulosa dimungkinkan terjadi pada gugus hidroksi pada posisi  $\text{C}_6$  pada selulosa dimana pada posisi ini gugus hidroksi  $-\text{OH}$  memiliki karakteristik yang sama dengan alkohol primer sehingga lebih reaktif dibanding dengan gugus hidroksi pada posisi yang lain dari selulosa. Munculnya serapan baru pada bilangan gelombang  $1180$  dan  $1126 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya vibrasi dari regangan ikatan  $\text{S}=\text{O}$ .

### 3.6. Kenampakan SEM lignin, oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat



Gambar 6. Kenampakan SEM (a) lignin (b) oktil lignin (c) asam oktil lignosulfonat

Dari gambar diatas diketahui bahwa permukaan dari lignin oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat berbentuk butiran/granul. Penambahan gugus sulfonat menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen antara atom oksigen dengan atom hidrogen pada senyawa asam oktil lignosulfonat sehingga membuat strukturnya menjadi lebih teratur.

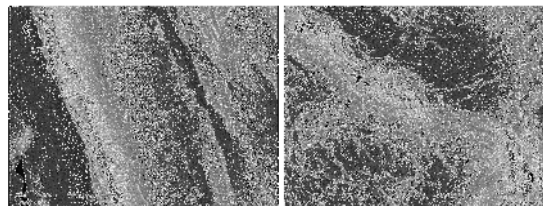
### 3.7. Data Energy Dispersive X-ray (EDX)

Table 1. Komposisi atom pada spesimen lignin, oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat.

Unsur	Atom %		
	Lignin	oktil lignin	Asam oktil lignosulfonat
C	64.13	56.96	48.82
O	35.65	28.51	45.00
S	0.22	1.36	6.18

Dari table di atas dapat diketahui bahwa setelah proses sulfonasi terjadinya kenaikan komposisi atom Oksigen dan atom Sulfur dalam spesimen asam oktil lignosulfonat. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR dan SEM-EDX dapat dikatakan bahwa sulfonasi pada senyawa oktil lignin telah berhasil dilakukan.

### 3.8. Kenampakan SEM selulosa dan selulosa sulfat



Gambar 7. Kenampakan SEM (a) selulosa (b) selulosa sulfat

Gambar 7 menunjukkan morfologi selulosa sebelum disulfonasi berupa serat panjang yang permukaannya halus. Setelah proses sulfonasi, bagian *amorphous* dari selulosa rusak akibat hidrolisis asam sehingga menyebabkan permukaan dari selulosa sulfat lebih kasar.

Table 2. Komposisi atom pada spesimen selulosa dan selulosa sulfat

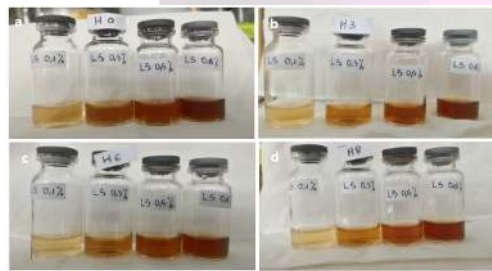


Unsur	Atom (%)	
	selulosa	selulosa sulfat
C	50.97	25.89
O	48.76	62.08
S	0.27	12.02

Tabel 2 menunjukkan setelah proses sulfonasi dilakukan komposisi atom Karbon pada spesimen selulosa sulfat menurun secara drastis. Hal ini dikarenakan terjadinya proses degradasi karbon akibat proses hidrolisis asam. Namun, setelah proses sulfonasi, komposisi atom Oksigen dan Sulfur meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa proses sulfonasi pada selulosa telah berhasil dilakukan.

### 3.9. Uji Kinerja Surfaktan

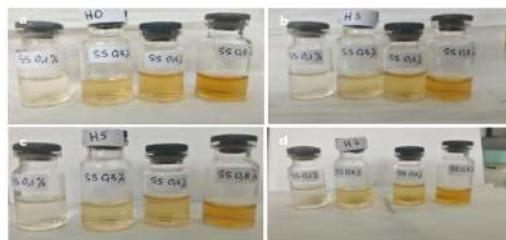
#### 3.9.1. Uji kompatibilitas surfaktan asam oktil lignosulfonat



Gambar 8. Uji kompatibilitas surfaktan asam oktil lignosulfonat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-6 dan (d) hari ke-8

Dilakukan pengamatan uji kompatibilitas selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar diatas diketahui bahwa asam oktil lignosulfonat kompatibel dengan air formasi dimana tidak terdapat endapan pada bagian bawah botol selama pengamatan.

#### 3.9.2. Uji kompatibilitas surfaktan selulosa sulfat



Gambar 9. Uji kompatibilitas surfaktan selulosa sulfat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-5 dan (d) hari ke-7

Dilakukan pengamatan uji kompatibilitas selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar diatas diketahui bahwa larutan surfaktan selulosa sulfat memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan

larutan surfaktan asam oktil lignosulfonat. Dari hasil observasi diketahui surfaktan selulosa sulfat kompatibel dengan air formasi dimana tidak terdapat endapan pada bagian bawah botol selama pengamatan.

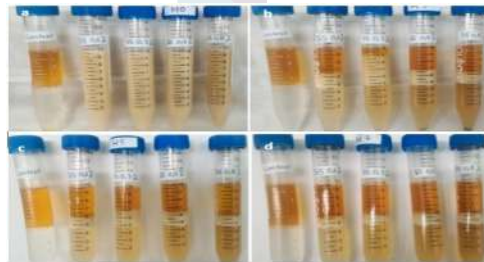
### 3.9.3. Uji kelakuan fasa surfaktan asam oktil lignosulfonat



Gambar 10. Uji kelakuan fasa surfaktan asam oktil lignosulfonat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-2 (c) hari ke-3 dan (d) hari ke-7

Pengamatan uji kelakuan fasa dilakukan selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar di atas menunjukkan bahwa asam oktil lignosulfonat memiliki jenis emulsi fasa tengah, dimana posisi emulsi berada diantara minyak dan larutan surfaktan. Jenis emulsi ini diharapkan menghasilkan nilai tegangan antarmuka (IFT) yang rendah.

### 3.9.4. Uji kelakuan fasa surfaktan selulosa sulfat



Gambar 8. Uji kelakuan fasa surfaktan selulosa sulfat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-5 dan (d) hari ke-7

Pengamatan uji kelakuan fasa dilakukan selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar di atas menunjukkan bahwa surfaktan selulosa sulfat memiliki jenis emulsi fasa tengah, dimana posisi emulsi berada diantara minyak dan larutan surfaktan. Jenis emulsi ini diharapkan menghasilkan nilai tegangan antarmuka (IFT) yang rendah.

### 3.9.5. Nilai tegangan antarmuka (IFT)

Tabel 3. Pengukuran nilai tegangan antarmuka

No	Sampel	IFT
1	Asam oktil lignosulfonat	$2.85 \times 10^{-1}$ mN/m
2	Selulosa sulfat	$3.03 \times 10^{-1}$ mN/m





Pengukuran nilai tegangan antarmuka dilakukan menggunakan alat spinning drop TX 500D pada suhu 50 °C dimana menggunakan air formasi yang berasal dari reservoir Kalimantan tengah dan *crude oil* P14 Rantau. Dalam penelitian ini tidak digunakan formulasi tambahan pada larutan surfaktan. Dari table 3 dapat diketahui nilai tegangan antarmuka asam oktil lignosulfonat sedikit lebih rendah dibandingkan selulosa sulfat. Surfaktan lignosulfonat merupakan surfaktan yang sudah lama dikembangkan untuk aplikasi EOR sedangkan selulosa sulfat merupakan pengembangan dari surfaktan jenis baru berbasis bahan alam dimana dari hasil pengukuran nilai tegangan antarmuka memiliki kinerja yang sama dengan surfaktan asam oktil lignosulfonat.

#### IV. Kesimpulan

Surfaktan asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat telah berhasil disintesis dan memiliki karakteristik kinerja diantaranya: kompatibel dengan air formasi, memiliki tipe emulsi fasa tengah dan nilai IFT berturut – turut  $2.85 \times 10^{-1}$  mN/M dan  $3.03 \times 10^{-1}$  mN/M sehingga kedua jenis surfaktan sangat potensial untuk dikembangkan dalam industri perminyakan.

#### Referensi

1. Investment and Taxation Guide. (2017). *Oil and Gas in Indonesia*. 8<sup>th</sup> edition. Available: <http://www.Pwc.Com/Id>.
2. Bataweel, M.A., “Enhanced Oil Recovery in High Salinity High Temperature Reservoir by Chemical Flooding”, *Dissertation*, King Fahad University of Petroleum and Minerals, 2011.
3. Schlumberger. (2015). *Primary recovery*. [http://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/p/primary\\_recovery.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/p/primary_recovery.aspx).
4. Godec, M., Kuuskraa, V., Van L, T., Melzer, L.S., and Wildgust, N., “CO<sub>2</sub> Storage in Depleted Oil fields: The Worldwide Potential for Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery”, *Enrgy Proced*, 4, 2162–2169, 2011.
5. Zerpa, L.E., and Queipo, N.V., “an Optimization Methodology of Alkaline-Surfactant Polymer Flooding Processes Using Field Scale Numerical Simulation and Multiple Surrogates”, *SPE 89387*, 2004.
6. Lu, J., Liyanage, P. J., Solairaj, S., Adkins, S., Arachchilage, G.P., Kim, D. H., Britton, C., Weerasooriya, U., and Pope, G.A., “New Surfactant Developments for Chemical Enhanced Oil Recovery”, *J. Pet. Sci. Eng.*, 120, 94–101, 2014.
7. Vaz, D.A., Gudina, E.J., Alameda, E.J., Teixeira, J.A., and Rodrigues, L.R., “Performance of a Biosurfactant Produced By a Bacillus Subtilis Strain Isolated From Crude Oil Samples as Compared to Commercial Chemical Surfactants”, *Colloids surf.B*, 89,167–174, 2012.
8. Suchy, M., and Argyropoulos, D.S., “Catalysis and Activation of Oxygen and Peroxide Delignification of Chemical Pulps: A Review”, *Tappi Journal.*, 2, 1-8, 2002.
9. Aziz, M.M., Rachmadi, H., Wintoko, J., Yuliansyah, A.T., Hasokowati, W., Purwono, S., Rochmadi., and Murachman, B., “On The Use Of Sodium Lignosulphonate For Enhanced Oil Recovery”, *Earth Environ Sci.*, 65, 1-8, 2017.
10. Mohtar, S.S., Busu, M.T.Z.N.T., Noor, M.M.A., Shaari, N., and Mat, H., “An Ionic Liquid Treatment and Fractionation of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin from Oil Palm Empty Fruit Bunch”, *Carbohydr. Polym.*, 166, 291-299, 2017.
11. Kouisni, L., Hindle, P., Maki, K., and Paleologou, M., “The Lignoforce System: A New Process for the Production of High Quality Lignin From Black Liquor”, *J. Sci. Technol. Prod.*, 2(4), 6-10, 2012.
12. Robles, J.D., Sanchez, R., Espinosa, E., Savy, D., Mazzei, P., Piccolo, A., and Rodriguez, A., “Isolation and characterization of Gramineae and Fabaceae Sod Lignins”, *Int. J. Mol. Sci.*, 18 (327), 1-17, 2017.



13. Ciolacu, D., Ciolacu, F., and Popa, V.x, "Amorphous Cellulose-Structure and Characterization", *Cellulose Chem. Technol.*, 45, 13-21, 2017.





Pemakalah :

Fadri Fadila, Anggita Rahma Adriani, Rizqi Muhamad Resa

11.30 – 11.45 WIB

<p>Pertanyaan :</p> <p>Hasil cukup bagus. Bagaimana basis untuk menghitung rendemennya? Adakah analisis bahan bakunya?</p> <p>(Moderator)</p> <p>Saran : Dianalisis kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada bahan bakunya dulu, supaya diketahui banyaknya bahan yang terkonversi.</p>	<p>Jawaban :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Menghitung rendemen berdasarkan raw materialnya (menghitung yield).</li><li>- Untuk analisis bahan baku masih belum ada.</li><li>- Mengenai kandungan selulosa, lignin, hemiselulosanya dari data standar.</li></ul>
--	---

