

PRODUKSI DAN FORMULASI SURFAKTAN BERBASIS METIL ESTER SULFONAT DARI MINYAK BIJI KARET UNTUK APLIKASI *ENHANCED OIL RECOVERY* (EOR) (STUDI KASUS : LAPANGAN KARBONAT, PRABUMULIH, SUM-SEL)

¹Hersa Rizki Rakhmatullah*, ²Helzan Davitsyah

¹Teknik Analisis Laboratorium Migas, Politeknik Akamigas Palembang N

²Teknik Eksplorasi dan Produksi Migas, Politeknik Akamigas Palembang
Politeknik Akamigas Palembang

[*hersarizkir@gmail.com](mailto:hersarizkir@gmail.com)

Abstrak

Salah satu usaha untuk meningkatkan *recovery* minyak dari suatu reservoir adalah dengan menginjeksikan surfaktan. Penggunaan surfaktan dimaksudkan untuk menurunkan tegangan antar-muka (*interfacial tension*) antara minyak dan air sehingga mampu membawa minyak keluar dari pori-pori batuan reservoir. Hal ini merupakan peluang yang sangat baik untuk mengembangkan jenis surfaktan berbasis minyak nabati yaitu dari minyak biji karet. Menurut data Direktorat Jendral Perkebunan tahun 2013, Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki luas areal perkebunan karet terbesar di dunia namun sejauh ini biji karet masih terbuang percuma sebagai limbah. Biji karet mengandung minyak nabati yang dapat dikembangkan menjadi surfaktan metil ester sulfonat (MES). Dikarenakan formasi karbonat yang akan diuji, maka formulasi surfaktan berbasis MES terbaik untuk aplikasi *Enhanced Oil Recovery* (EOR) pada formasi ini adalah formula dengan komposisi surfaktan MES 0,3%, Na₂CO₃ 0,3% dan salinitas 15.000 ppm. Pada penelitian ini formulasi surfaktan ditambahkan kedalam sampel reservoir karbonat yang diambil di Prabumulih dengan membuat konsentrasi dari formulasi surfaktan dan sampel reservoir yaitu 5%, 10%, 15% dan blanko. Formula surfaktan berbasis MES terbaik untuk diaplikasikan pada industri perminyakan lapangan karbonat adalah formula surfaktan dengan komposisi dosis 15%.

Kata Kunci : Produksi MES, *Enhanced Oil Recovery* (EOR), lapangan karbonat.

Abstract

One of the ways in improving oil recovery from a reservoir is by injecting surfactant. The use of surfactant is intended to decrease the interfacial tension between oil and water in order to bring the oil out of the pore stones of the reservoir. It is a good chance to develop the kind of vegetable oil based surfactant which is from rubber seed oil. According to the data of the Directorate General of Plantation year 2013, Indonesia is one of the countries which have the largest rubber plantation in the world. Yet, rubber seed is wasted so far. Rubber seed contains vegetable oil which can be developed into methyl ester sulfonate based surfactant (MES). Due to the carbonate formation that will be tested, hence, the best formulation of MES based surfactant for *Enhanced Oil Recovery* (EOR) application in this formation is a formula with MES based surfactant composition of 0.3%, Na₂CO₃ 0.3% and salinity 15.000 ppm. In this particular study, surfactant formula is added into carbonate reservoir sample taken from Prabumulih by creating concentration from surfactant formula and reservoir sample as much as 5%, 10%, 15% and blank. The best MES based surfactant formula to be applied on oil industry of carbonate field is the surfactant formula with 15% dosage composition.

Key Words: MES Production, *Enhanced Oil Recovery* (EOR), carbonate field.

1. PENDAHULUAN

Sisa minyak bumi di dalam reservoir pada proses produksi dengan menggunakan tenaga pendorong alamiah (*primary recovery*) yang tidak dapat diproduksi berkisar antara 60-70% dari volume minyak mula-mula. Setelah reservoir dengan tenaga pendorong alamiah (*primary recovery*) dan *secondary recovery* sudah tidak dapat mendorong

minyak untuk naik ke permukaan, maka untuk memproduksi sisa minyak yang tertinggal perlu diterapkan metode peningkatan perolehan minyak tahap lanjut yang dikenal dengan istilah *Enhanced Oil Recovery* (EOR) (Lake, 1987). Salah satu metode EOR yang digunakan yaitu injeksi kimia dengan menggunakan surfaktan (Taber *et al.*, 1997). Injeksi surfaktan merupakan salah satu cara untuk menguras

sisanya minyak yang masih tertinggal di dalam *reservoir* dengan cara menginjeksikan suatu zat aktif ke dalam *reservoir*, sehingga dapat mengurangi tegangan antar muka minyak-air yang terperangkap dalam pori-pori batuan *reservoir*. Agar dapat menguras minyak yang masih tersisa secara optimal, maka diperlukan jenis surfaktan yang sesuai dengan kondisi air formasi *reservoir* serta jenis batuan *reservoir* itu sendiri. Selama ini surfaktan yang umum digunakan pada industri perminyakan merupakan surfaktan berbasis petroleum. Sifat beberapa surfaktan berbasis petroleum adalah tidak tahan pada air formasi dengan tingkat salinitas dan suhu tinggi, sementara sumur-sumur minyak Indonesia sebagian besar memiliki karakteristik salinitas hingga 40.000 ppm dan suhu 60-120°C. Hal ini merupakan peluang yang sangat baik untuk mengembangkan jenis surfaktan lokal berbasis minyak biji karet terutama untuk wilayah Sumatera Selatan.

Salah satu jenis surfaktan yang potensial untuk dikembangkan yaitu surfaktan metil ester sulfonat (MES) berbasis minyak nabati dari biji karet. Surfaktan MES memungkinkan untuk diaplikasikan pada industri perminyakan mengingat surfaktan MES memiliki kelebihan dibandingkan surfaktan berbasis petrokimia (linier alkilbenzen sulfonat, LAS) diantaranya: bersifat terbarukan, mudah didegradasi (*good biodegradability*) (Roberts, 2008), biaya produksi lebih rendah (sekitar 57% dari biaya produksi surfaktan LAS), karakteristik disperse yang baik, sifat detergensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*) (Watkins, 2001), pada konsentrasi MES yang lebih rendah daya detergensinya sama dengan petroleum sulfonat (Matheson di dalam Spitz, 1996). Untuk keperluan EOR diperlukan formula dengan persyaratan yang lebih khusus meliputi: *ultralow interfacial tension* (<10-2 dyne/cm), kompatibel dengan air formasi dan stabil terhadap suhu reservoir dan salinitas tinggi, pH berkisar 6 – 8, memiliki fasa III (fasa tengah) atau fasa II (atas), dan *oil recovery incremental* berkisar 15 - 20% *original oil in place* (OOIP) (Pithapurwala *et al.*, 1986). Bila surfaktan mempunyai *ultralow interfacial tension* (<10-2 dyne/cm) dapat diduga mampu meningkatkan *oil recovery* sekitar 10-20% (Aczo, 2006).

Dilihat dari komposisi kimia yang terkandung dalam minyak biji karet mengandung olein sebesar 39,45 % yang hampir mendekati nilai olein dari minyak kelapa sawit sebesar 40,7 %. Untuk saat ini MES dari minyak kelapa sawit sudah digunakan untuk kegiatan EOR di beberapa lapangan migas di Indonesia. Melihat perbandingan komposisi kimia tersebut maka memberi peluang besar untuk mengembangkan MES berbasis minyak biji karet yang selama ini hanya menjadi limbah. Surfaktan MES merupakan surfaktan anionik dengan struktur umum $\text{RCH}(\text{CO}_2\text{Me})\text{SO}_3$, dihasilkan melalui proses sulfonasi metil ester asam lemak ($\text{RCH}_2\text{CO}_2\text{Me}$) (Roberts *et al.*, 2008; Watkins, 2001) dengan

alternatif pereaksi yang dapat digunakan asam sulfat (H_2SO_4), oleum (larutan SO_3 di dalam H_2SO_4), Sulfur trioksida (SO_3), $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$, dan ClSO_3H (Hambali, 2009). Untuk menghasilkan kualitas produk MES terbaik, beberapa perlakuan penting yang harus dipertimbangkan adalah rasio mol, suhu reaksi, konsentrasi grup sulfonat yang ditambahkan, waktu netralisasi, jenis dan konsentrasi katalis, pH dan suhu netralisasi (Foster, 1996), tergantung aplikasinya produknya.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan surfaktan MES berbasis minyak biji karet sebagai solusi chemical injection dalam EOR yang baru dan terbarukan serta memformulasikan komposisi surfaktan yang optimal sesuai dengan kondisi reservoir.

II. METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Politeknik Akamigas Palembang yang berlokasi di Politeknik Akamigas Palembang, Plaju Palembang selama 15 Agustus 2016 hingga 27 November 2016.

2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah olein minyak biji karet, KOH, metanol, NaCl, Aquadest, Na_2CO_3 , H_2SO_4 , dan bahan kimia untuk analisa lainnya. Peralatan yang digunakan yaitu *magnetic stirrer*, *hot plate*, *beaker glass*, spatula, corong pemisah, gelas ukur, thermometer, Erlenmeyer, Pengaduk gelas, penangas, neraca analitik digital, saringan, ember, wajan, kompor gas, serta alat-alat gelas dan alat-alat untuk analisis lainnya.

2.3 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut: penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak biji karet, proses transesterifikasi menggunakan reaktor berbasis katalis KOH, Pembuatan Metil Ester Sulfonat, formulasi surfaktan dan uji kinerja formulasi surfaktan didalam reaktor sesuai dengan kondisi reservoir lapangan karbonat.

2.4 Penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak biji karet

Pada tahap ini proses penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak biji karet menggunakan proses hidrolisa, proses hidrolisa ini biji karet terlebih dahulu dipisahkan dari cangkangnya dan kemudian dipotong tipis-tipis lalu dijemur sampai biji karet kering tujuannya untuk menghilangkan kadar asam sianida (HCN) yang terkandung dalam biji karet. Setelah itu biji karet yang sudah kering dihaluskan sampai mengeluarkan minyak.

Biji karet yang sudah halus dan mengeluarkan minyak dimasukkan ke dalam panci dan dicampurkan dengan air sekitar 1,5 liter. Kemudian dipanaskan dengan temperatur 120°C.

Proses ini berlangsung selama 3 jam atau sampai air didalam wajan kering dan memisahkan ampas biji karet dan minyak. Endapkan minyak biji karet yang ada didalam wajan. Kemudian ambil dan tampung minyak kedalam botol. Olein minyak biji karet yang dihasilkan kemudian dianalisis sifat fisiko kimianya, meliputi : Bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam dan asam lemak bebas.

2.5 Proses Transesterifikasi menggunakan reaktor berbasis katalis KOH

Pada proses transesterifikasi, metanol ditambahkan sebanyak 15%(v/v) dari total bahan baku olein biji karet yang hendak diproses dan dicampurkan dengan KOH 1% hingga membentuk larutan metoksida. Kemudian minyak biji karet dan larutan metoksida dicampurkan pada reactor transesterifikasi. Proses transesterifikasi berlangsung selama 1 jam, pada suhu 60°C dengan pengadukan. Selanjutnya dilakukan proses pemisahan berdasarkan berat jenis untuk memisahkan antara *crude* metil ester dan gliserol yang dihasilkan dan kemudian dilakukan proses pencucian menggunakan air hangat 30% (v/v) dari total *crude* metil ester yang hendak dimurnikan, sebanyak tiga kali. Terakhir dilakukan pengeringan untuk mereduksi kandungan air dan metanol yang masih terkandung pada metil ester hasil pencucian sehingga dihasilkan metil ester murni. Metil ester yang dihasilkan selanjutnya dianalisis sifat fisiko kimianya, meliputi : bilangan asam, bilangan iod, bilangan penyabunan, densitas, dan kadar ester.

2.6 Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Disiapkan seperangkat alat refluks, yaitu labu leher tiga dan beralas bulat, pendingin bola, thermometer, penutup leher labu, penangas minyak dan *hot plate stirrer*. 20 mL metil ester olein dan manetik stirrer dimasukkan kedalam labu. Dilakukan pemanasan 100-120°C dan pengadukan, selanjutnya diteteskan asam sulfat (98%) sampai volume 8 mL. Proses reaksi ini berjalan selama 1 jam.

Proses pemurnian MES dilakukan dengan menambahkan metanol 20% (v/v) kedalam MES yang telah terbuat kemudian di netralisasi menggunakan 20% NaOH dengan suhu reaksi 55°C dan diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga pH mencapai 7.

Formulasi Surfaktan

Surfaktan MES yang telah dibuat, digunakan sebagai bahan baku dalam proses formulasi surfaktan. Aditif yang digunakan adalah Na₂CO₃ dan NaCl. Kedua aditif ini dicampurkan dengan formula yaitu :

- Penentuan salinitas optimal dilakukan pada konsentrasi surfaktan MES 0,3% dengan variasi salinitas air injeksi 0 dan 15.000 ppm,. Analisis

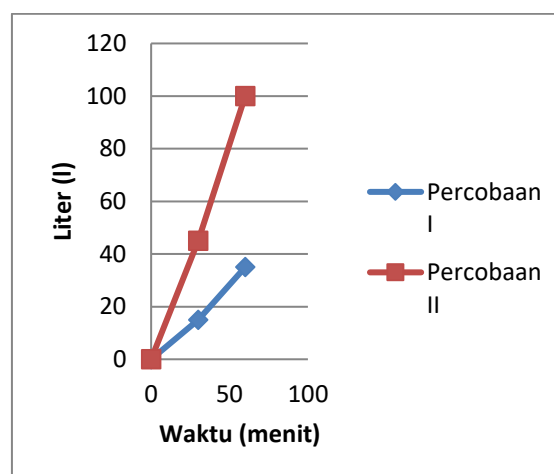
yang dilakukan meliputi perendaman, densitas dan pH.

- Pemilihan alkali dilakukan untuk menentukan jenis dan konsentrasi alkali terbaik yang mampu memberikan penurunan nilai tegangan antarmuka terendah ditandai dengan % recovery minyak-air yang terbesar. Pada tahapan ini digunakan alkali yaitu Na₂CO₃, dengan variasi konsentrasi 0 dan 0,3 %. Analisis yang dilakukan meliputi perendaman, pH dan densitas.

III. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak biji karet

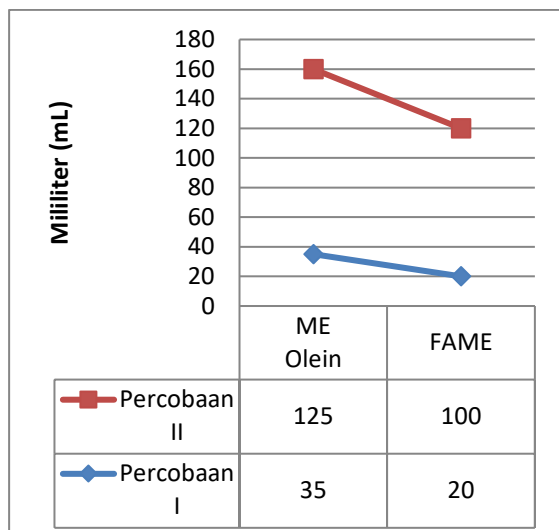
Olein merupakan bahan baku dalam pembuatan surfaktan MES berbasis minyak biji karet. Untuk mendapatkan olein terdapat berbagai metode produksi olein minyak biji karet, salah satunya adalah dengan proses hidrolisa yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut adalah data hasil hidrolisa dengan perlakuan penambahan volume air yang berbeda, percobaan I perbandingan air dengan biji karet yang telah di preparasi 2 : 1, sedangkan percobaan II perbandingannya adalah 1:1. Berikut adalah Grafik perbandingan volume olein minyak biji karet terhadap lama waktu hidrolisa.



Gambar 2.1. Perbandingan volume olein minyak biji karet terhadap lama waktu hidrolisa

Proses Transesterifikasi menggunakan reaktor berbasis katalis KOH

Setelah didapatkan olein minyak biji karet tahap selanjutnya adalah mengesterifikasi Olein biji karet menjadi ME Olein. Setelah didapatkan ME Olein dilanjutkan dengan proses transesterifikasi yang bertujuan untuk mengubah suatu bentuk ester menjadi bentuk ester lainnya melalui pertukaran gugus alkoksi. Dengan adanya katalis (baik asam ataupun basa kuat) dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan. Berikut adalah grafik hasil transesterifikasi.



Gambar 2.2. Hasil produksi FAME (Faty Acid Metil Ester) sesuai dengan volume bahan baku olein minyak biji karet

3.2 Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Dari FAME yang diproduksi pada proses transesterifikasi, proses selanjutnya adalah mengubah FAME menjadi Metil Ester Sulfonat. Metode yang digunakan dalam proses sulfonasi pada penelitian ini adalah dengan metode baking. Dimana pada metode ini FAME direaksikan dengan H_2SO_4 (98%). Berikut adalah hasil proses sulfonasi menggunakan metode *baking* dengan hasil akhir MES berbentuk padatan dan memiliki pH 3.



Gambar 2.3. Hasil sulfonasi pembuatan Metil Ester Sulfonat

Formulasi dan Pengujian Surfaktan

MES yang telah dibuat dalam proses sulfonasi selanjutnya akan diformulasikan menggunakan aditif Na_2CO_3 0,3% dengan salinitas 15.000 ppm. Tujuan dari formulasi surfaktan adalah untuk mendapatkan %recovery optimal sesuai dengan kondisi *reservoir* karbonat. Berikut merupakan tabel hasil formulasi surfaktan pada *core* sintesis yang mendekati sifat *core* karbonat.

Tabel 2.1. Hasil formulasi surfaktan

No	Dosis Treatment	Berat Awal	Berat Setelah Soaking 12 Jam
----	-----------------	------------	------------------------------

		Crude Oil (gr)	Berat Akhir Crude Oil (gr)	% Recovery
1	Blanko	3.00	2.95	1.67 %
2	5%	3.00	2.90	3.33 %
3	10%	3.00	2.87	4.33 %
4	15%	3.00	2.84	5.33 %

*Belum termasuk faktor Losses

IV. PEMBAHASAN

4.1 Penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak biji karet

Bahan baku minyak biji karet yang digunakan pada penelitian ini adalah fraksi olein biji karet. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa bahan baku olein yang digunakan memiliki asam lemak bebas $>0,5\%$, sehingga untuk mengkonversi olein menjadi metil ester olein diterapkan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi yang dilakukan menggunakan beaker gelas dengan kapasitas 500 mL menghasilkan produk metil ester (ME) dengan rendemen cukup tinggi yaitu 83,3% dan kualitas yang baik yang terlihat dari kadar gliserol total, kadar airnya dan fraksi tak tersabunkan yang cukup rendah serta nilai bilangan iod dan bilangan penyabunan yang stabil. Metil ester olein yang telah disulfonasi dengan Asam Sulfat (98%), setelah melewati tahap *aging* menghasilkan *methyl ester sulfonic acid* (MESA), kemudian dire-esterifikasi menggunakan metanol dan dinetralisasi hingga pH netral, sehingga dihasilkan MES. Produk MES yang dihasilkan berwarna gelap kehitaman. Selama ini surfaktan MES dimanfaatkan untuk produk sabun dan deterjen, sehingga disyaratkan produk dengan warna pucat, namun untuk aplikasi EOR tidak disyaratkan warna surfaktan yang pucat. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi hanya berpengaruh nyata terhadap viskositas. Berdasarkan perbandingan nilai terhadap parameter yang diuji, terlihat bahwa parameter bilangan iod dan tegangan antarmuka MES memiliki kecenderungan yang sama yaitu memiliki nilai yang lebih rendah pada lama sulfonasi tiga dan empat jam dibanding lama sulfonasi yang lainnya, namun berbanding terbalik dengan viskositas. Mengingat proses produksi surfaktan MES ini dilakukan secara skala laboratorium, dengan melihat pada pengujian perendaman surfaktan MES untuk aplikasi EOR, maka lama sulfonasi terbaik untuk menghasilkan surfaktan MES adalah yang memberikan nilai tehasil %recovery terbanyak.

4.2 Pengaruh Penambahan Metanol pada Proses Pemurnian Surfaktan MES

Surfaktan MES yang dihasilkan pada penelitian ini bertujuan untuk diaplikasikan pada

enhanced oil recovery, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktifitas minyak bumi, Proses sulfonasi memicu terbentuknya disalt (Stein dan Bauman, 1974). Dugaan awal keberadaan disalt ini akan mempengaruhi kinerja surfaktan MES untuk aplikasi EOR sebagaimana yang terjadi pada kinerja surfaktan MES untuk deterjen, dimana *Mira Rivai, Tun Tedja Irawadi, Ani Suryani, Dwi Setyaningsih J. Tek. Ind. Pert. Vol. 21 (1), 41-49* dengan adanya disalt ini kinerja pembusaan deterjen menjadi rendah. Disalt dapat direduksi dengan memurnikan menggunakan metanol (Sherry *et al.*, 1995). Hasil analisis tegangan antarmuka surfaktan MES hasil pemurnian dengan penambahan metanol 0 - 15% memberikan hasil yang signifikan pada peningkatan %recovery dan menunjukkan bahwa konsentrasi metanol tidak berpengaruh nyata terhadap nilai tegangan antarmuka, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi metanol yang ditambahkan pada proses re-esterifikasi cenderung menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan surfaktan MES dalam menurunkan tegangan antarmuka yang merupakan penentu utama aplikasi surfaktan untuk EOR. Hal ini diduga disebabkan karena peningkatan konsentrasi metanol dan panas selama proses re-esterifikasi menyebabkan disalt tereduksi. Disalt meskipun merupakan produk samping, namun juga mempunyai sifat antarmuka dan bersifat anionik, sehingga dengan berkurangnya disalt menyebabkan sifat antarmuka surfaktan menjadi berkurang, sebagai akibatnya kelarutan surfaktan menjadi rendah dan terjadi penurunan kinerja surfaktan sebagai *surface active agent* yang ditandai dengan nilai %recovery dari surfaktan akan menurun. Sementara dengan tanpa melakukan proses re-esterifikasi diperoleh nilai %recovery yang lebih rendah dibandingkan dengan proses re-esterifikasi. Berdasarkan hal tersebut, maka proses produksi surfaktan MES pada tahapan penelitian selanjutnya dilakukan tanpa proses reesterifikasi (penambahan metanol). MESA hasil aging yang diperoleh selanjutnya langsung di netralisasi.

4.3 Formulasi Surfaktan MES untuk Aplikasi pada EOR

Penentuan Salinitas Optimal

Penurunan nilai tegangan antarmuka yang cukup besar diperoleh setelah dilakukan penambahan konsentrasi NaCl pada larutan surfaktan MES. Nilai tegangan antarmuka larutan surfaktan sebelum penambahan NaCl adalah $1,63 \times 10^{-2}$ dyne/cm, dan berubah menjadi $8,92 \times 10^{-3}$ dyne/cm pada penambahan NaCl dengan konsentrasi 5.000 ppm. Abu-Sharkh *et al.* (2003) menyatakan bahwa penurunan nilai tegangan antarmuka yang sangat tajam dapat diperoleh melalui peningkatan konsentrasi NaCl. Salinitas 15.000 ppm merupakan salinitas optimal untuk menurunkan nilai tegangan antarmuka surfaktan MES. Pada konsentrasi 15.000 ppm, elektrolit dari NaCl yang ditambahkan mampu

menstabilkan mikroemulsi sehingga tegangan antarmuka optimal dapat dicapai. Penambahan salinitas lebih tinggi dari 15.000 ppm tidak menyebabkan nilai tegangan antarmuka surfaktan MES menjadi lebih rendah daripada nilai yang dicapai pada 15.000 ppm. Peningkatan kadar salinitas yang lebih tinggi dari kondisi salinitas optimal akan menyebabkan peningkatan nilai tegangan antarmuka. Penambahan air injeksi menghasilkan larutan MES 0,3% dengan nilai densitas 0,9907 g/cm³, terjadi kenaikan densitas dibandingkan densitas surfaktan MES sebesar 0,9769 g/cm³, dan pada penambahan salinitas kelipatan 5000 ppm dihasilkan densitas dengan kisaran nilai 0,9959 hingga 1,0328 g/cm³. Penambahan salinitas menghasilkan larutan surfaktan MES dengan kisaran pH 8,95 - 9,27. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa salinitas berpengaruh sangat nyata terhadap nilai densitas namun tidak berpengaruh terhadap nilai pH. *Mira Rivai, Tun Tedja Irawadi, Ani Suryani, Dwi Setyaningsih J. Tek. Ind. Pert. Vol. 21 (1), 41-49.*

Pemilihan Alkali

Alkali bermanfaat untuk menurunkan nilai tegangan antarmuka surfaktan. Berdasarkan pengujian dua jenis alkali yaitu NaOH dan Na₂CO₃ diketahui bahwa kedua jenis alkali larut sempurna dan tidak terbentuk endapan dalam larutan surfaktan untuk semua penambahan konsentrasi alkali yang dilakukan. Dari hasil pengukuran nilai tegangan antarmuka, penambahan NaOH dihasilkan nilai tegangan antarmuka pada kisaran $2,85 \times 10^{-1}$ - $2,21 \times 10^{-2}$ dyne/cm dengan nilai pH 10,89 - 12,66, sementara penambahan Na₂CO₃ dihasilkan kisaran nilai tegangan antarmuka yang lebih rendah yaitu $1,06 \times 10^{-2}$ - $6,97 \times 10^{-3}$ dyne/cm dengan pH 9,52 - 10,16. Berdasarkan nilai tegangan antarmuka yang dihasilkan, disimpulkan bahwa alkali yang sesuai untuk surfaktan MES adalah Na₂CO₃. Konsentrasi Na₂CO₃ optimal yang ditambahkan adalah 0,3% dengan nilai tegangan antarmuka $6,97 \times 10^{-3}$ dyne/cm, lebih rendah dibanding nilai tegangan antarmuka terbaik sebelum penambahan alkali sebesar $8,3 \times 10^{-3}$ dyne/cm. Penambahan konsentrasi alkali lebih tinggi dari 0,3% tidak berdampak pada penurunan nilai tegangan antarmuka, bahkan mengalami kenaikan dibanding konsentrasi optimal. Penambahan NaOH menghasilkan kisaran nilai pH 10,89 - 12,66, dan kisaran densitas 1,0026 - 1,0075 g/cm³, sementara penambahan Na₂CO₃ menghasilkan kisaran pH 9,52 - 10,16 dan densitas 1,0013 - 1,0054 g/cm³. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis alkali dan konsentrasi alkali berpengaruh nyata terhadap nilai tegangan antarmuka, pH dan densitas, namun interaksi antara jenis dan konsentrasi alkali hanya berpengaruh nyata terhadap tegangan antarmuka dan pH. Menurut Lakatos-Szabo dan Lakatos (1999), minyak bumi merupakan campuran hidrokarbon dan asam karboksilat organik yang direpresentasikan sebagai asam HA. Asam HA ini mendistribusikan

diri diantara fasa minyak dan fasa larutan surfaktan dan alkali. Diduga ketika terjadi kontak antara fasa larutan dan minyak, alkali dalam fasa larutan dan asam organik (HA) dalam fasa minyak akan berpindah menuju antarmuka, bereaksi dan menghasilkan senyawa aktif permukaan (*petroleum soap*) sehingga nilai tegangan antarmuka menjadi turun. Sementara penambahan konsentrasi alkali yang semakin banyak berdampak pada peningkatan nilai tegangan antarmuka akibat terjadinya peningkatan nilai densitas larutan. Mira Rivai, Tun Tedja Irawadi, Ani Suryani, Dwi Setyaningsih J. Tek. Ind. Pert. Vol. 21 (1), 41-49.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil produksi MES yang memberikan hasil terbaik adalah percobaan II yang menghasilkan FAME murni sebagai bahan baku pembuatan surfaktan berbasis MES, serta dari hasil penelitian uji laboratorium, dosis surfaktan yang paling optimum yang digunakan untuk meningkatkan produksi minyak pada *reservoir* karbonat adalah surfaktan dengan konsentrasi sebesar 15% dengan *oil recovery* mencapai 5,33%.

VI. SARAN

Perlu dilakukan uji *screening* terhadap formula surfaktan berbasis MES yang dihasilkan. Uji *screening* dilakukan berdasarkan pedoman dari LEMIGAS untuk menentukan formula surfaktan dapat diaplikasikan pada sumur minyak atau tidak.

VII. DAFTAR PUSTAKA

Akzo Nobel Surfactants. 2006. *Enhanced Oil Recovery (EOR) Chemicals and Formulations*. Akzo Nobel Surface Chemistry LLC. www.surfactants.akzonobel.com. [14 Februari 2011].

Foster NC. 1996. Sulfonation and Sulfation Processes. Di dalam : Spitz L. (ed). *Soap and Detergents : A Theoretical and Practical Review*. Illinois : AOCS Press.

Hambali E, Suarsana P, Sugihardjo, Rivai M, Zulchaidir E. 2009. Peningkatan Nilai Tambah Minyak Sawit Melalui Pengembangan Teknologi Proses Produksi Surfaktan MES dan Aplikasinya untuk Meningkatkan Produksi Minyak Bumi Menggunakan Metode *Huff and Puff*. Laporan Hibah Kompetitif Penelitian Unggulan Strategis Nasional Batch I, Dikti, Jakarta.

Lake LW. 1989. *Enhanced Oil Recovery*. New Jersey: Prentice Hall.

Lakatos-Szabo J dan Lakatos I. 1999. Effect of alkaline materials on interfacial rheological

properties of oil-water system. *Colloid Polym Sci* 277: 41-47.

Matheson KL. 1996. *Formulation of Household and Industrial Detergents*. Di dalam Spitz, L. (ed.), *Soap and Detergents: A Theoretical and Practical Review*. Illinois: AOCS Press.

Mira Rivai, Tun Tedja Irawadi, Ani Suryani, Dwi Setyaningsih J. Tek. Ind. Pert. Vol. 21 (1), 41-49.

Rivai Mira, 2011. *Produksi dan Formulasi Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Olein Sawit untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery*. S2 Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Roberts DW. 2001. *Manufacture of Anionic Surfactants*. Di dalam : Gunstone FD dan Hamilton RJ (eds.). *Oleochemical Manufacture and Applications*. Sheffi eld Academic Press, Sheffi eld, U.K., pp. 55–73.

Roberts DW, Giusti L, Forcella A. 2008. *Chemistry of Methyl Ester Sulfonates*. *Biorenewable Resources* 5 : 2-19.

Watkins C. 2001. All eyes are on Texas. *Inform* 12 : 1152-1159.