

PENENTUAN KONDISI PROSES PRODUKSI SURFAKTAN MES UNTUK APLIKASI EOR PADA BATUAN KARBONAT

Mira Rivai¹, Tun Tedja Irawadi², Ani Suryani³, Dwi Setyaningsih⁴

¹ Mahasiswa Program Doktor Sekolah Pascasarjana IPB PS Teknologi Industri Pertanian

² Ketua Komisi Pembimbing, Guru Besar dan Staf Pengajar PS TIP

³ Anggota Komisi Pembimbing, Guru Besar dan Staf Pengajar PS TIP

⁴ Anggota Komisi Pembimbing, Staf Pengajar PS TIP

ABSTRACT

Surfactant injection is one of the ways to lessen oil remains left in reservoir. This is done by injecting an active surface substance into reservoir until the tension of water-oil interface can be degraded. Reducing interfacial tension results in a reduced capillary pressure on pore stricture area of reservoir rocks until the oil caught in the pores can be pushed and produced. In order to make this process function optimally, an appropriate surfactant that fits the condition and formation of water and reservoir is needed. This study was conducted to get the best time of sulfonation process for producing MES surfactant with lower interfacial tension for EOR application at carbonate rock and to determine purification process of MES surfactant. Results showed that the best time of sulphonation to produce MES surfactant was from the third hour to the fourth hour. The selected purification process was conducted without methanol addition.

Keyword: MES surfactant, sulfonation time, methanol concentration, interfacial tension, EOR.

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 mengurangi sisa minyak yang masih tertinggal di dalam *reservoir* dengan cara menginjeksikan suatu zat aktif permukaan ke dalam *reservoir* sehingga tegangan antarmuka minyak-air dapat diturunkan. Dengan turunnya tegangan antarmuka maka tekanan kapiler pada daerah

penyempitan pori-pori batuan *reservoir* dapat dikurangi sehingga minyak yang terperangkap dalam pori-pori dapat didesak dan diproduksi. Agar dapat menguras minyak yang masih tersisa secara optimal maka diperlukan jenis surfaktan yang sesuai dengan kondisi air formasi dan reservoir tersebut.

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 kesadahan dan salinitas tinggi, sehingga surfaktan jenis ini mengalami kendala (menggumpal) saat diaplikasikan pada sumur-sumur minyak Indonesia yang sebagian besar memiliki karakteristik salinitas (5.000 – 30.000 ppm) dan kesadahan (> 500 ppm) yang tinggi sehingga dikhawatirkan akan merusak batuan formasi. Hal ini merupakan peluang yang sangat baik untuk mengembangkan jenis surfaktan lokal berbasis minyak sawit yang dimiliki. Salah satu jenis surfaktan yang potensial untuk dikembangkan yaitu surfaktan metil ester sulfonat (MES). Pemanfaatan minyak sawit

menjadi surfaktan MES dapat dilakukan mengingat kandungan asam lemak C_{16} dan C_{18} yang terkandung pada asam palmitat, asam stearat, dan asam oleat mempunyai sifat deterjensi yang sangat baik (Watkins, 2001). Surfaktan MES ini telah dimanfaatkan pada industri pembersih, sabun, dan deterjen untuk menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan karena sifat surfaktan MES yang *biodegradable* (Roberts *et al.*, 2008). Aplikasi surfaktan MES memungkinkan untuk dilakukan pada industri perminyakan mengingat surfaktan MES memiliki kelebihan dibandingkan surfaktan berbasis petrokimia (LAS) diantaranya: bersifat terbarukan, mudah didegradasi (*good biodegradability*), biaya produksi lebih rendah (sekitar 57% dari biaya produksi surfaktan dari petrokimia yaitu linier alkilbenzen sulfonat (LAS)), karakteristik dispersi yang baik, sifat deterjensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*) dan tidak adanya fosfat, pada konsentrasi MES yang lebih rendah daya deterjensinya sama dengan petroleum sulfonat, dapat mempertahankan aktivitas enzim yang lebih baik pada formula deterjen, dan memiliki toleransi yang lebih baik terhadap keberadaan kalsium (Matheson, 1996). Selama ini surfaktan MES yang sudah diteliti ataupun diproduksi secara komersial hanya diperuntukkan bagi formulasi deterjen dan bahan pembersih (US Patent No. 2003/0119702A1, 2004/0127384A1, 2008/0280805A1, 7820612B2, 7772176B2). Untuk keperluan EOR pada industri perminyakan diperlukan persyaratan yang lebih khusus meliputi: memiliki ultralow interfacial tension ($<10^{-2}$ dyne/cm), stabil pada suhu reservoir, pH berkisar 6 – 8, memiliki fasa III (fasa tengah), imbibisi lebih besar dari 30%, dan oil *recovery* incremental berkisar 15 - 20% OOIP. Hal yang penting dalam proses penggunaan surfaktan untuk memperoleh (*recovery*) minyak yang tinggi adalah: (a) memiliki IFT yang sangat rendah (minimal 10^{-3} dyne/cm) antara *chemical bank* dan *residual oil* dan antara *chemical bank* dan *drive fluid*, (b) memiliki kecocokan/kompatibilitas dengan air formasi dan kestabilan terhadap suhu, kesadahan dan salinitas, (c) memiliki *mobility control* dan (d) kelayakan ekonomis proses (Pithapurwala *et*

al., 1986). Bila surfaktan mempunyai *ultralow interfacial tension* (di bawah 10^{-2} dyne/cm) dapat diduga mampu meningkatkan *oil recovery* sekitar 10-20% (Aczo Surfactant, 2006). Selama ini surfaktan golongan sulfonat yang telah dimanfaatkan untuk proses *enhanced oil recovery* diantaranya adalah petroleum sulfonat (US patent No. 6887839B2), olefin sulfonat (US Patent No. 2010/0282467A1), lignosulfonat (US Patent No. 4344487). Penelitian pemanfaatan surfaktan MES untuk EOR telah dilakukan oleh Hambali *et al.* (2009) pada aplikasi batuan pasir.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lama proses sulfonasi agar diperoleh surfaktan MES dengan nilai tegangan antarmuka rendah untuk aplikasi EOR pada batuan karbonat dan penentuan kondisi proses pemurniannya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di pilot plant SBRC IPB yang berlokasi di PT Mahkota Indonesia, Pulogadung, Jakarta dan laboratorium SBRC di Kampus IPB Baranangsiang, Bogor.

Bahan dan Alat penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah olein minyak sawit, gas SO_3 , NaOH, metanol, NaCl, akuades, etanol 95%, HCl, iodium, amilum, penolphtalein, KOH, BF_3 , Na_2SO_4 , bromida, tetraklorida, n-heksan, air suling (aquades), asam asetat glasial 96%, kalium iodida, $Na_2S_2O_3$, $K_2Cr_2O_7$, toluene, aluminium foil, khloroform, H_2SO_4 95%, kertas saring Whatman 41, membran filter 0,45 μm , petroleum eter, indikator metilene blue, indikator *phenol red*, N cetylpridinium chloride, amidos sulfonic acid, brom thymol blue, dodecyl sulfate sodium salt, cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB), dan bahan kimia untuk analisa lainnya. Peralatan yang digunakan yaitu reaktor transesterifikasi kapasitas 100 L milik SBRC-LPPM IPB, reaktor *Singletube Film Sulfonation Reactor* (STFR) sistem kontinyu kapasitas 250 kg/hari milik SBRC-LPPM IPB, reaktor aging, *spinning drop tensiometer* model TX500C, density meter Anton Paar DMA 4500 M, pH-meter, neraca

analitik Precisa XT220A, viskosimeter Brookfield DV-III Ultra, *hotplate stirrer*, buret, *core standard*, pompa *injector*, Karl Fischer titrator, alat sentrifuse dan tabung, pH-meter, *mixer vortexer*, pipet, tabung ulir, *stopwatch*, gelas ukur tutup asah, dan *hotplate stirrer* buret, serta alat-alat gelas dan alat-alat untuk analisis lainnya.

Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut: penyiapan bahan baku metil ester dari olein minyak sawit, penentuan lama proses sulfonasi metil ester olein menggunakan reaktor *STFR* sistem kontinyu dan reaktan gas SO_3 dengan melakukan sampling setiap 60 menit, dan pengaruh penambahan metanol pada proses pemurnian surfaktan.

a. Persiapan Bahan Baku Metil Ester Olein

Pada proses transesterifikasi, metanol ditambahkan sebanyak 15% (v/v) dari total bahan baku olein sawit yang hendak diproses dan dicampurkan dengan KOH 1% hingga membentuk larutan metoksida. Kemudian minyak sawit dan larutan metoksida dicampurkan pada reaktor transesterifikasi. Proses transesterifikasi berlangsung selama 1 jam, pada suhu 60°C dengan pengadukan, proses *settling* untuk memisahkan antara *crude* metil ester dan gliserol yang dihasilkan, proses pencucian menggunakan air hangat 30% (v/v) dari total *crude* metil ester yang hendak dimurnikan, sebanyak tiga kali, dan terakhir dilakukan pengeringan. Metil ester yang dihasilkan dianalisis sifat fisiko kimianya, meliputi : bilangan asam, bilangan iod, bilangan penyabunan, kadar ester, fraksi tak tersabunkan, kadar gliserol total, kadar air, dan densitas.

b. Penentuan Lama Proses Sulfonasi Metil Ester Olein Menggunakan Reaktor STFR

Pada tahapan ini akan dikaji pengaruh lama sulfonasi menggunakan *Singletube falling film sulfonation reactor* (STFR) dengan sistem kontinyu, yang didesain berupa tube tunggal dengan tinggi 6 meter dan diameter 25 mm. Laju alir ME olein 100 ml/menit. Gas SO_3 yang digunakan merupakan produk antara yang dihasilkan

pada tahapan proses produksi di PT Mahkota Indonesia. Produk antara ini memiliki konsentrasi 26 %, sehingga dilakukan pencampuran gas SO_3 dengan udara kering (*dry air*) untuk menghasilkan campuran gas SO_3 / udara kering sekitar 5-7% (v/v). Gas SO_3 dengan konsentrasi 5-7 % gas SO_3 /udara kering kemudian diinputkan ke dalam reaktor. Proses sulfonasi dilakukan dengan rasio mol metil ester dan gas SO_3 yaitu 1:1,3 pada kecepatan alir metil ester yang masuk ke dalam reaktor adalah 100 ml/menit, dan suhu sulfonasi 100°C (Hambali *et al.*, 2009). Variabel yang diujikan yaitu waktu sampling pada proses sulfonasi berkisar 1 – 6 jam dengan interval 1 jam. Dilanjutkan dengan proses aging pada suhu 90°C selama 60 menit dan pengadukan 150 rpm hingga diperoleh MESA. MESA kemudian dinetralisasi dengan NaOH 50% hingga dihasilkan MES dengan pH netral. Pengujian dilakukan terhadap produk MESA dan MES. Parameter yang diuji meliputi warna 5% Klett, pH, viskositas, bilangan iod, kestabilan emulsi, kandungan bahan aktif, dan tegangan antarmuka. Disain eksperimen variabel proses yang berpengaruh dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal dengan dua kali pengulangan.

c. Pengaruh Penambahan Metanol pada Proses Pemurnian Surfaktan MES

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan kondisi proses pemurnian yang akan diterapkan pada tahap kajian selanjutnya. Proses pemurnian dimodifikasi dari Sherry *et al.* (1995), dengan variabel konsentrasi metanol 0 - 15%, dengan interval 5% pada suhu sekitar 55°C dengan pengadukan selama 45 menit, dan dilanjutkan dengan netralisasi menggunakan NaOH 50% hingga dicapai pH netral. Parameter yang diuji adalah tegangan antarmuka. Disain eksperimen variabel proses yang berpengaruh dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal dengan dua kali pengulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Persiapan Bahan Baku Metil Ester

Bahan baku minyak sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah fraksi olein sawit. Pemilihan olein sawit berdasarkan pada pertimbangan ketersediaan pasokan

bahan baku di pasaran sehingga akan memudahkan perolehan bahan baku yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, dan kemudahan perolehan bahan baku nantinya apabila peningkatan skala produksi dilakukan untuk tujuan komersialisasi skala industri. Pertimbangan lainnya adalah karena asam lemak penyusun olein sawit dominan asam palmitat (C16) dan asam oleat (C18) dengan komposisi masing-masing 40,21% dan 43,90%. Asam lemak C16 dan C18 memiliki sifat deterjensi yang baik sehingga sesuai untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pada proses produksi surfaktan. Menurut Watkins (2001), untuk pemanfaatan sebagai bahan baku surfaktan, asam palmitat (C16) akan memberikan sifat deterjensi paling baik, yang kemudian diikuti oleh asam miristat (C14) dan asam oleat (C18). Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa bahan baku olein yang digunakan memiliki asam lemak bebas 0,19%, bilangan asam 0,41 mg KOH/g, bilangan iod 61,33 mg Iod/g, bilangan penyabunan 208,40 mg KOH/g, densitas 0,906 g/L, viskositas 61,5 (29°C), kadar air 0,103 %, cloud point 15 °C, pour point 9 °C, dan fraksi tak tersabunkan 0,38%.

Berdasarkan hasil analisis asam lemak bebas yang telah dilakukan diketahui bahwa kandungan asam lemak bebas bahan baku olein sawit yang digunakan kurang dari 2%, berdasarkan hal tersebut maka untuk konversi olein sawit menjadi metil ester hanya diterapkan satu tahapan reaksi, yaitu proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi minyak sawit menjadi metil ester dilakukan pada skala produksi 100 L/batch. Proses transesterifikasi olein sawit yang dilakukan menghasilkan metil ester olein dengan karakteristik bilangan asam 0,94 mg KOH/g, bilangan iod 63,74 mg Iod/g, bilangan penyabunan 27,63 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,06 %, kadar ester 95,55 %, kadar air 0,13%, fraksi tak tersabunkan 0,14% dan densitas 0,8718 g/cm³.

b. Penentuan Lama Proses Sulfonasi Metil Ester Olein Menggunakan Reaktor STFR

Proses sulfonasi yang dilakukan Menurut Foster (1996), proses sulfonasi menggunakan gas SO₃ dilakukan dengan melarutkan SO₃ yang bersifat reaktif dengan

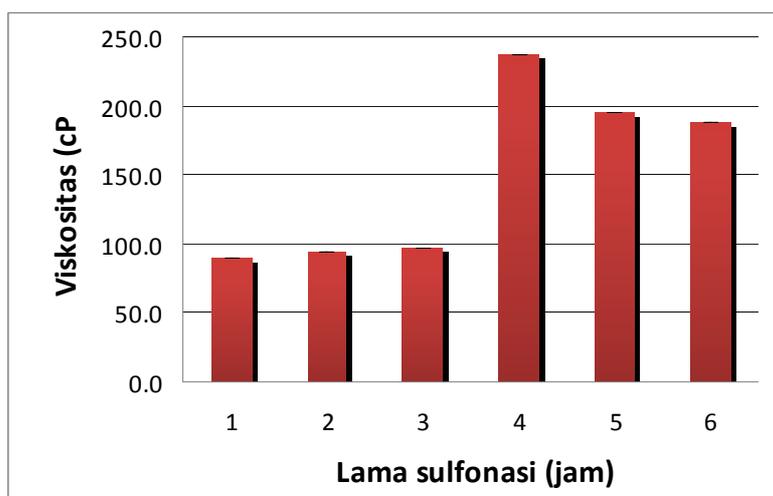
udara yang sangat kering dan direaksikan secara langsung dengan bahan baku organik yang digunakan. Sifat reaktif gas SO₃ ini terlihat pada produk MESA olein hasil sulfonasi yang dihasilkan berwarna gelap. Selama ini surfaktan MES diproduksi untuk aplikasi pada produk sabun dan deterjen, sehingga umumnya produksi surfaktan MES dilakukan dengan menerapkan proses pemucatan warna (Robert *et al.*, 2008; MacArthur *et al.*, 2002; Watkins, 2001; Baker, 1995). Namun untuk aplikasi EOR tidak disyaratkan warna surfaktan yang pucat, sehingga pada tahapan pemurnian surfaktan MES yang dihasilkan tidak perlu dilakukan proses pemucatan untuk menghilangkan warna gelapnya. Proses sulfonasi ME belum menghasilkan MES, namun berupa produk antara Methyl Ester Sulfonic Acid (MESA) (MacArthur *et al.*, 2002) yang bersifat asam sehingga perlu dinetralkan.

Secara umum, produk MESA dan MES yang dihasilkan berwarna gelap kehitaman sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Menurut Yamada dan Matsutani (1996), ikatan rangkap terkonjugasi berperan sebagai kromofor, yaitu gugus fungsi yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik pada senyawa pemberi warna yang menyebabkan perubahan warna ME dari kuning menjadi merah. Warna surfaktan MES yang gelap diduga disebabkan karena reaksi ion SO₃ yang terikat pada ikatan rangkap pada rantai karbon. Bahan baku metil ester olein yang digunakan dominan asam lemak oleat sehingga terdapat ikatan rangkap terkonjugasi. Proses sulfonasi mendorong terbentuknya reaksi antara ion SO₃ dengan ikatan rangkap terkonjugasi tersebut hingga membentuk senyawa polisulfonat yang kemudian menimbulkan perubahan warna menjadi gelap.

Analisis warna pada sampel MES menunjukkan nilai berkisar antara 194,5 hingga 379,3 klett. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi tidak berpengaruh nyata terhadap warna MES. Hingga lama sulfonasi 3 jam, terlihat kecenderungan peningkatan nilai, namun kemudian mengalami penurunan hingga lama sulfonasi 6 jam. Semakin lama waktu sulfonasi, warna MES yang dihasilkan cenderung makin gelap yang dilihat dari



Gambar 1. Tampilan produk surfaktan MES yang dihasilkan



Gambar 2. Histogram Hasil Analisa Viskositas MES

makin tingginya nilai absorbansi. Hal ini diduga karena makin lama waktu sulfonasi maka kemungkinan terbentuknya senyawa polisulfonat yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi semakin besar, sehingga makin banyak pembentukan senyawa polisulfonat ini maka warna gelap pada produk hasil sulfonasi juga semakin meningkat. Namun melewati jam ke-4, terjadi pengurangan warna yang diduga disebabkan karena ikatan rangkap terkonjugasi pada senyawa polisulfonat tersebut mengalami pemecahan menjadi rantai-rantai lebih pendek.

Nilai pH atau derajat keasaman menyatakan tingkat keasaman atau kebasahan yang dimiliki oleh suatu bahan. pH didefinisikan sebagai ko-logaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut, dimana koefisien aktivitas ion hidrogen ini tidak dapat diukur secara eksperimental, melainkan berdasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut, namun bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan

persetujuan internasional. Hasil analisis nilai pH MES memberikan kisaran nilai pH 6,85 hingga 8,68.

Pada sampel MES diperoleh nilai viskositas dengan kisaran 89,5 hingga 236,5 cP. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi berpengaruh nyata terhadap viskositas MES. Nilai viskositas tertinggi dimiliki MES dengan lama sulfonasi 4 jam dan terendah pada lama sulfonasi 1 jam. Dimulai dari lama sulfonasi 1 jam terlihat nilai viskositas mengalami kecenderungan meningkat. Pada Gambar 2 disajikan histogram hasil analisa viskositas MES.

Bilangan iod adalah ukuran rata-rata jumlah komponen tak jenuh dari minyak atau lemak yang dinyatakan dalam bobot iod, yaitu jumlah sentigram iodine yang diserap per gram sampel (AOCS, 1998). Prinsip pengukuran berupa penambahan larutan iodium monoklorida dalam campuran asam asetat glasial dan karbon tetraklorida atau kloroform ke dalam contoh. Setelah melewati waktu tertentu dilakukan penetapan iod yang

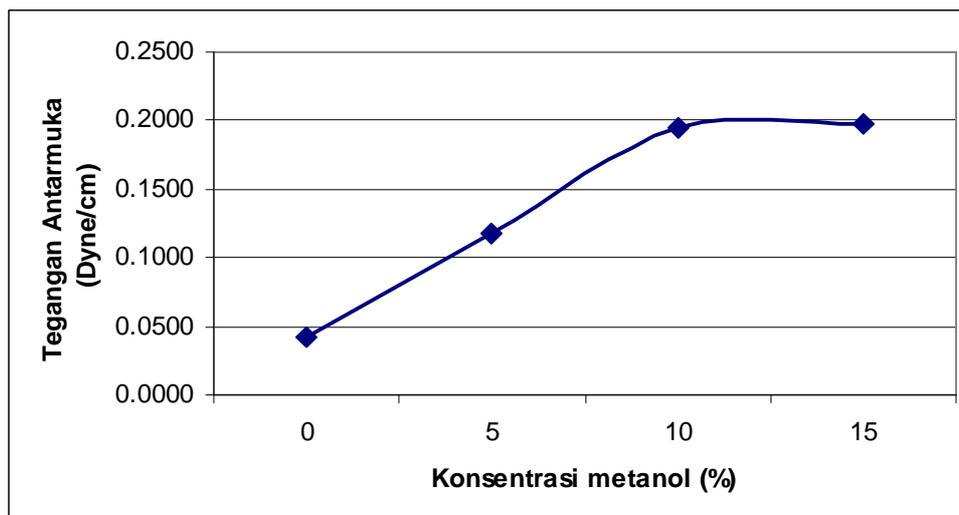
dibebaskan dengan penambahan kalium iodida (KI). Banyaknya iod yang dibebaskan dititrasi dengan larutan standar natrium thiosulfat dengan indikator kanji (SNI 01-3555-1998). Bilangan iod merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui keberhasilan adisi gugus sulfonat ke dalam rantai metil ester. Bahan baku minyak yang memiliki ikatan rangkap yang lebih banyak akan memiliki bilangan iod yang lebih tinggi dibanding bahan baku yang memiliki ikatan rangkap sedikit. Oleh karena itu, keberhasilan adisi gugus sulfonat ke dalam rantai metil ester untuk membentuk gugus sulfonat akan ditandai dengan makin rendahnya bilangan iod pada sampel metil ester tersulfonasi. Dengan kata lain, bilangan iod metil ester sulfonat harus lebih rendah dari bilangan iod bahan baku metil ester karena beberapa ikatan tak jenuh telah diadisi oleh gugus sulfat sehingga tidak dapat diadisi oleh molekul I_2 . Bahan baku metil ester memiliki bilangan iod 63 gram iod/100 gram sampel. Hasil analisis bilangan iod yang dilakukan terhadap sampel metil ester tersulfonasi menunjukkan terjadinya penurunan bilangan iod pada semua sampel MES. Rata-rata bilangan iod MES berkisar 22,61 – 28,62 gram iod/100 gram sampel. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai bilangan iod MES.

Emulsi terbentuk ketika suatu cairan yang tidak saling melarut (*immiscible*) terpecah menjadi tetesan (*droplet*) dan terdispersi ke cairan *immiscible* lainnya dengan bantuan surfaktan (Hasenhuettl, 1997). Menurut Williams dan Simons (1992) penambahan *emulsifier* ke suatu sistem koloid bertujuan untuk mempertinggi kestabilan dispersi fasa-fasa (dengan cara mengurangi tegangan antar permukaan) dan meningkatkan stabilitas produk terdispersi (emulsi) lebih lama. *Emulsifier* membentuk lapisan tipis yang akan menyelimuti partikel-partikel teremulsi dan mencegah partikel tersebut bergabung dengan partikel sejenisnya. Walaupun demikian, suatu sistem emulsi memiliki kecenderungan untuk saling memisah. Hal ini disebabkan karena fasa terdispersi dan pendispersinya merupakan bahan-bahan yang saling tidak melarut akibat

adanya perbedaan polaritas. Pada sampel MES stabilitas emulsi terlihat stabil di kisaran nilai 98,68 hingga 99,22. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai stabilitas emulsi produk MESA dan MES.

Bahan aktif merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai apakah suatu jenis surfaktan memiliki kinerja yang baik ataukah tidak, dimana makin tinggi nilai bahan aktif suatu jenis surfaktan maka kinerjanya akan semakin baik pula. Sehingga umumnya surfaktan komersial ditandai dengan kandungan bahan aktifnya. Prosedur yang digunakan untuk menguji kadar bahan aktif adalah metode titrasi dua fasa, dikenal dengan metode epton. Prinsip dasar dari uji ini adalah titrasi bahan aktif anionik menggunakan cetylpiridinium bromide, yang merupakan salah satu jenis surfaktan kationik dengan menggunakan indikator methylen blue. Campuran surfaktan dan indikator ditambahi kloroform sehingga tercipta larutan dua fasa yaitu fasa kloroform di bagian bawah dan fasa larutan surfaktan dan methylen blue yang berada di bagian atas. Bahan aktif yang larut pada methylen blue akan memberikan warna biru pekat pada larutan surfaktan. Dititrasi yang dilakukan dengan surfaktan kationik menyebabkan warna biru pada larutan surfaktan akan berpindah ke fasa kloroform hingga warna dua fasa tersebut seragam, selanjutnya bila diteruskan maka fasa kloroform akan menjadi lebih pucat lalu lama-kelamaan akan menjadi bening. Hasil analisis kandungan bahan aktif MES memiliki kisaran 6,19 hingga 9,73 persen.

Menurut Yamada dan Matsusani (1996), senyawa polisulfonat yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi selain menimbulkan warna gelap pada produk juga senyawa ini bersifat sangat anionik. Hal ini berarti semakin banyak gugus sulfonat yang terbentuk maka sifatnya sebagai penurun tegangan antarmuka akan semakin besar yang ditunjukkan dengan semakin rendahnya nilai tegangan antarmuka. Berdasarkan analisa warna sebelumnya, diketahui bahwa makin banyak senyawa polisulfonat yang terbentuk, diindikasikan dengan semakin gelapnya warna surfaktan yang dihasilkan, yang berkorelasi dengan semakin bersifat anioniknya produk



Gambar 3. Grafik Pengaruh Penambahan Metanol terhadap Nilai Tegangan Antarmuka Surfaktan MES

surfaktan yang dihasilkan. Korelasi antara warna dan nilai tegangan antarmuka terlihat pada hasil analisa nilai tegangan antarmuka MESA dan MES. Hasil analisis tegangan antarmuka MES memiliki kisaran $7,87 \times 10^{-2}$ hingga $2,48 \times 10^{-2}$ dyne/cm. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa lama sulfonasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai tegangan antarmuka produk MES.

c. Pengaruh Penambahan Metanol pada Proses Pemurnian Surfaktan MES

Hasil analisis tegangan antarmuka surfaktan MES hasil pemurnian memberikan kisaran nilai $1,98 \times 10^{-1}$ hingga $4,25 \times 10^{-2}$ dyne/cm. Hasil analisa keragaman pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi metanol tidak berpengaruh nyata terhadap nilai tegangan antarmuka surfaktan MES. Grafik pengaruh penambahan metanol terhadap nilai tegangan antarmuka surfaktan MES pada proses pemurnian disajikan pada Gambar 3.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa peningkatan konsentrasi metanol yang ditambahkan pada proses pemurnian menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan surfaktan MES dalam menurunkan tegangan antarmuka. Hal ini diduga disebabkan karena peningkatan konsentrasi metanol dan panas selama proses pemurnian menyebabkan peningkatan terbentuknya sulfon, sebagaimana disebutkan

oleh Moreno *et al.*, 1988 bahwa selama proses sulfonasi produk sulfon akan terbentuk. Sebagai akibatnya kelarutan surfaktan menjadi rendah sehingga terjadi penurunan kinerja surfaktan sebagai *surface active agent* yang ditandai dengan makin meningkatnya nilai tegangan antarmuka surfaktan MES. Berdasarkan pertimbangan nilai tegangan antarmuka terendah, maka proses pemurnian surfaktan MES dilakukan tanpa penambahan metanol, dimana setelah proses sulfonasi dan aging, produk MESA yang dihasilkan langsung dinetralisasi.

KESIMPULAN

Mengingat proses produksi surfaktan MES ini bersifat kontinyu, dengan melihat pada nilai tegangan antarmuka surfaktan MES, maka lama sulfonasi terbaik untuk menghasilkan surfaktan MES terendah adalah dimulai dari jam ketiga hingga jam keempat. 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. Untuk proses pemurnian selanjutnya dilakukan tanpa penambahan metanol. Berdasarkan nilai tegangan antarmuka surfaktan MES yang mencapai 10-2 dyne/cm pada pengujian menggunakan air formasi dan minyak dari reservoir batuan karbonat, maka

surfaktan MES yang dihasilkan memiliki peluang untuk diaplikasikan pada EOR.

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].
- Baker, J. 1995. Process for Making Sulfonated Fatty Acid Alkyl Ester Surfactant. US Patent No. 5.475.134.
- Hambali, E., P. Suarsana, Sugihardjo, M. Rivai, E. Zulchaidir. 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.
- Hasenhuettl, G.L. 1997. Overview of Food Emulsifier. In : Food Emulsifier and Their Applications. G.L. Hasenhuettl dan R.W. Hartel (Eds.). Chapman & Hall, New York.
- Lake, L.W. 1987. *Enhanced Oil Recovery*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- MacArthur, B.W., B. Brooks, W.B. Sheats, dan N.C. Foster. 2002. Meeting The Challenge of Methylene Sulfonation. www.chemithon.com.
- Matheson, K.L. 1996. Formulation of Household and Industrial Detergents. In : Soap and Detergents : A Theoretical and Practical Review. Spitz, L. (Ed). AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Moreno, J.B., J. Bravo dan J.L. Berna. 1988. Influence of sulfonated material and its sulfone content on the physical properties of linear alkyl benzene sulfonates. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 65 (6) : 1000 – 1006.
- Pithapurwala, Y.K., A.K. Sharma, and D.O. Shah. 1986. Effect of salinity and alcohol partitioning on phase behavior and oil displacement efficiency in surfactant-polymer flooding. *JAOCS* 63 (6) : 804-813.
- Roberts, D.W., L. Giusti dan A. Forcella. 2008. Chemistry of Methyl Ester Sulfonates. *Biorenewable Resources* 5 : 2-19.
- Sherry, A.E., B.E. Chapman, M.T. Creedon, J.M. Jordan, dan R.L. Moese. 1995. Nonbleach process for the purification of palm C16-18 methyl ester sulfonates. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72 (7) : 835-841.
- Taber, J.J., F.D. Martin, dan R.S. Seright. 1997. EOR Screening Criteria Revisited Part I : Introduction to Screening Criteria and Enhanced Oil Recovery Field Project. SPE Reservoir Engineering Paper, Mexico, August 1997.
- Watkins, C. 2001. All eyes are on Texas. *Inform* 12 : 1152-1159.
- Williams, R.A. dan S.J.R. Simons. 1992. Handling Colloidal Materials. In : Colloid and Surface Engineering : Applications in the Process Industries. Williams, R.A. (Ed.). Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford.
- Yamada, K. dan S. Matsutani. 1996. Analysis of the dark-colored impurities in sulfonated fatty acid methyl ester. *JAOCS* 73 (1) :121-125.