

SINTESA SURFAKTAN RAMAH LINGKUNGAN METIL ESTER SULFONAT DARI PALM OIL METHYL ESTER MENGGUNAKAN NATRIUM METABISULFIT DAN KATALIS ALUMINIUM OKSIDA

Suhendri¹, Nirwana², Irdoni³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
suhendrienk@yahoo.com

ABSTRACT

Surfactants is surface active agents that can reduce interfacial tension between the two materials in the form of liquid-liquid, liquid-solid, or liquid-gas. Methyl Ester Sulfonate (MES) is one type of anionic surfactant which has advantages in terms of detergency, resistant to hardness, renewable and eco-friendly. Methyl Ester Sulfonate produced by the process of sulfonation between Palm Oil Methyl Ester (POME) and sulfonation agent sodium metabisulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) with a catalyst of aluminum oxide (Al_2O_3). This study aims to make a methyl ester sulfonate by using variations mole ratio and reaction time. Sulfonation process was performed using palm oil methyl ester and sulfonation agent sodium metabisulfite Compounds with variations mole ratio of 1:0.5; 1:1; 1:1.5 and variation reaction time 3; 4.5 and 6 hours. The catalyst was aluminum oxide 1% w/w POME. Sulfonation process was in 100 °C with 450 stirring speed. After a reaction time had been reached, the product was washed by water and allowed to stand for 24 hours. The result showed the best products on the use the mole ratio of 1:1.5 with a reaction time of 4.5 hours. analysis of physical-chemical properties of products shows that the MES pH value of 2.80, the density of 0.8736 g/mol, 2.1244 cp viscosity, surface tension decrease of 25.10 dyne/cm of 71.40 dyne/cm to 46.30 dyne/cm, decrease interfacial tension of water - xylene of 6.80 dyne/cm of 35.80 dyne/cm 29.00 dyne/cm with a value of 88.33% emulsion stability.

Keyword: Anionic Surfactants, Methyl Ester Sulfonate

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan detergen sebagai pembersih peralatan rumah tangga maupun industri mengalami peningkatan dengan bertambahnya penduduk didunia khususnya di Indonesia. Limbah buangan hasil cucian yang mengandung detergen sering kali dibuang secara langsung ke perairan baik sungai maupun laut. Kadar detergen yang tinggi dapat bersifat racun bagi organisme perairan sehingga menimbulkan kerusakan ekosistem dan air tanah yang

dapat berdampak pada kehidupan manusia (Lewis, 1991).

Kandungan detergen yang utama adalah surfaktan. Surfaktan merupakan zat aktif permukaan (*surface active agent*) yang dapat menurunkan tegangan permukaan suatu media, karena mempunyai kemampuan untuk menggabungkan bagian antar fasa yang berbeda seperti udara dan air ataupun fasa yang mempunyai kepolaran yang berbeda seperti minyak dan air. Sifat ini disebabkan oleh sifat amfifilik surfaktan yang memiliki gugus hidrofilik dan

gugus hidrofobik (Mehling dan Hensen, 2007).

Surfaktan umumnya diproduksi dari bahan baku minyak bumi (*petroleum*), contohnya adalah surfaktan anionik seperti LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonate*) dan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*). Surfaktan LAS yang sangat sering digunakan oleh masyarakat secara luas menimbulkan masalah yakni LAS dapat membentuk fenol yang bersifat racun bagi biota perairan. Surfaktan ABS juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena sulit terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme (Utomo, 2010). Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan baku terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan surfaktan yang bersifat ramah lingkungan, yakni bahan baku yang bersumber dari minyak nabati.

Berdasarkan perkembangan industri Indonesia, industri kelapa sawit merupakan industri yang mengalami peningkatan cukup pesat. Pada tahun 2013, Indonesia merupakan negara pemasok CPO (*Crude Palm Oil*) terbesar di dunia yaitu mencapai 31 juta ton (55,5%), Malaysia mencapai 19,2 juta ton (34,4%), Thailand (3,8%), Columbia (1,9%), Nigeria (1,6%), Papua Nugini (1,1%) dan Equador (1%) (GAPKI, 2014). Dari perkembangan terkini ternyata hasil pengolahan minyak sawit tidak hanya untuk keperluan pangan, farmasi dan kosmetik, namun bisa digunakan sebagai bahan pembuatan surfaktan yaitu metil ester sulfonat.

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan surfaktan anionik berbasis minyak nabati yang mengandung asam lemak rantai C_{16} - C_{18} yang ramah lingkungan dan bersifat *biodegradable*. Biaya produksinya juga relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya produksi surfaktan berbasis petrokimia (Watkins, 2001). Produksi MES dapat dilakukan dengan reaksi sulfonasi yaitu

mereaksikan agen sulfonasi dengan minyak, asam lemak, ataupun ester asam lemak. Agen sulfonasi yang dapat digunakan untuk membuat surfaktan MES adalah asam sulfat, sulfit, $NaHSO_3$ atau gas SO_3 (Bernardini, 1983).

II. METODE PENELITIAN

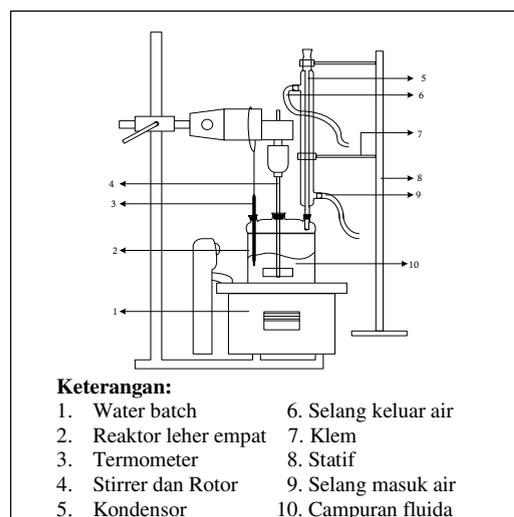
2.1 Bahan dan Alat

2.1.1 Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *Palm Oil Methyl Ester* (POME) yang diperoleh dari PT. Cemerlang Energi Perkasa Dumai, Natrium Metabisulfit ($Na_2S_2O_5$) [*E. Merck*], katalis Aluminium Oksida (Al_2O_3) [*E. Merck*], dan Aquades.

2.1.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: reaktor (labu leher empat), *waterbath*, *stirrer*, *tacometer*, termometer, gelas ukur, gelas piala, corong pisah, erlenmeyer, kondensor, statif, piknometer, pipet tetes, *viscometer oswald*, pH meter dan tensiometer Du Nouy.



Gambar 1. Rangkaian Alat Sulfonasi

2.1.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan adalah volume POME 100 ml, (85,61 gram), massa katalis Al_2O_3 1% b/b POME (0,8561 gram), suhu reaksi 100 °C dan kecepatan pengadukan 450 rpm. Sedangkan variabel berubahnya meliputi rasio mol POME dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 1:0,5; 1:1 dan 1:1,5 serta waktu reaksi 3; 4,5 dan 6 jam.

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari proses sulfonasi, pemurnian surfaktan MES dan analisa produk.

2.2.1 Proses Sulfonasi

Sulfonasi surfaktan MES dilakukan dengan mereaksikan POME dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dengan variasi rasio mol 1:0,5; 1:1 dan 1:1,5 serta variasi waktu reaksi 3; 4,5 dan 6 jam. Pada proses sulfonasi surfaktan MES dengan rasio mol POME: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 1:0,5, POME sebanyak 100 ml ditambahkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ sebanyak 29,144 gram, katalis Al_2O_3 sebanyak 0,8561 gram dimasukkan kedalam reaktor. Labu leher empat kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C, dan kecepatan pengadukan 450 rpm selama 3 jam. Setelah waktu reaksi tercapai, kemudian dilakukan proses pemisahan dengan corong pisah. MES, katalis, dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dipisahkan. MES adalah fasa cair yang berada dilapisan atas sedangkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan katalis Al_2O_3 adalah fase padat yang berada pada lapisan bawah. Proses sulfonasi dilakukan juga dengan variasi rasio mol 1:1 dan 1:1,5 serta waktu reaksi 4,5 dan 6 jam.

2.2.2 Proses Pemurnian MES

Proses pemurnian MES dilakukan melalui pencucian dengan menggunakan aquades. Proses pemurnian ini bertujuan untuk memisahkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan katalis

Al_2O_3 yang masih terkandung didalam surfaktan MES. Aquades yang telah dipanaskan pada suhu 40 °C kemudian dimasukkan dimasukkan kedalam corong pisah yang telah berisi surfaktan MES. Pencucian MES dilakukan sebanyak dua kali, pada pencucian yang kedua, campuran MES dan air didiamkan selama 24 jam kemudian diambil lapisan bagian atas yang merupakan produk MES.

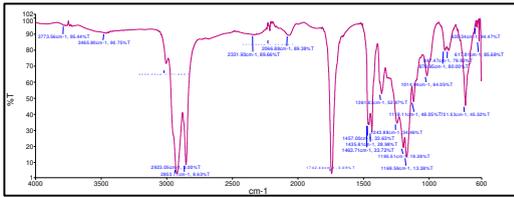
2.2.3 Analisa Produk

Palm oil methyl ester dan produk metil ester sulfonat yang di dapatkan kemudian dianalisa. Sifat yang dianalisa meliputi analisa kualitatif yaitu uji *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR), analisa nilai pH (Chemiton), densitas (Ketaren, 2005), viskositas (Ketaren, 2005), penurunan tegangan permukaan (ASTM D 1331, 2000), penurunan tegangan antarmuka (ASTM D 1331, 2000) dan kestabilan emulsi (ASTM D 1436, 2000).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

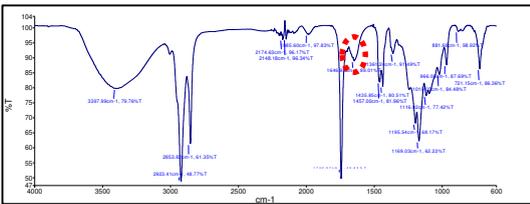
3.1 Analisa *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR)

Terjadinya proses sulfonasi dapat dibuktikan atau diidentifikasi dengan berbagai cara diantaranya dengan mengalisis sampel menggunakan FT-IR. Analisa sampel dengan spektrofotometer IR terjadi pada daerah infra red pertengahan, yaitu pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} dengan panjang gelombang 2,550 μm . Spektrum yang dihasilkan cenderung memiliki kesamaan pola dengan nilai transmitansi berbeda. Spektrum *Infra Red* bahan baku *palm oil methyl ester* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Spektrum *Infra Red* MES *Palm Oil Methyl Ester*

Spektrum *Infra Red* MES pada Rasio mol 1 : 1,5 dengan waktu reaksi 4,5 jam dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Spektrum *Infra Red* MES pada Rasio mol 1 : 1,5 dengan waktu reaksi 4,5 jam

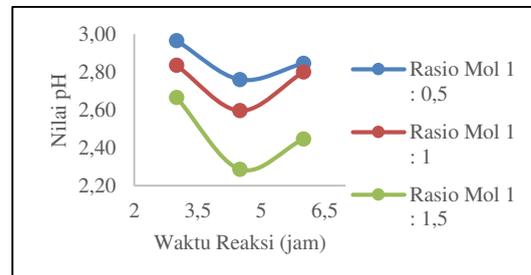
Daerah resapan dengan bilangan gelombang 3397 cm^{-1} disebabkan adanya vibrasi gugus OH. Adanya gugus OH kemungkinan disebabkan oleh adanya kadar air (H_2O) didalam sampel. Selain gugus O-H juga terdapat gugus C-H yang berada pada resapan bilangan gelombang $2800\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$. Hampir semua senyawa organik memiliki gugus C-H. Pola yang terbentuk dari gugus C-H pada spektrum juga menunjukkan pola yang cenderung sama dengan vibrasi semakin melebar dan nilai transmitansi terendah. Pada spektrum juga terdeteksi Gugus C=O yang berada pada resapan bilangan gelombang $1640\text{-}1820\text{ cm}^{-1}$. Gugus C=O ini disebut juga gugus karbonil. Posisi serapan gugus C=O menunjukkan adanya senyawa karbonil yaitu ester yang berada pada serapan daerah $1735\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ (Fessenden & Fessenden, 1992).

Gugus ester yang terdeteksi berasal dari ester metil. Pada gambar terlihat bahwa gugus C=O terbentuk resapan dengan pola cenderung sama dan berada kuat pada daerah sekitar 1750 cm^{-1} .

Vibrasi yang terbentuk semakin melebar dengan nilai transmitansi berfluktuasi. Pada resapan bilangan gelombang $1750\text{ - }400\text{ cm}^{-1}$ juga memperlihatkan vibrasi dengan pola yang cenderung sama dengan transmitansi semakin rendah. Terbentuknya gugus sulfonat dapat dilihat dengan munculnya puncak SO_3H pada angka gelombang $1646,93\text{ cm}^{-1}$ yang tidak ditemui pada senyawa POME pada Gambar 2.

3.2 Nilai pH

Pengukuran Nilai pH dari MES yang dihasilkan bertujuan untuk melihat derajat keasaman dari surfaktan yang dihasilkan pada variasi rasio mol dan waktu reaksi. Metode yang digunakan adalah metode perhitungan pH yang dikembangkan oleh Chemiton. Hasil pengukuran menunjukkan MES memiliki pH sebesar 2,29-2,97. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



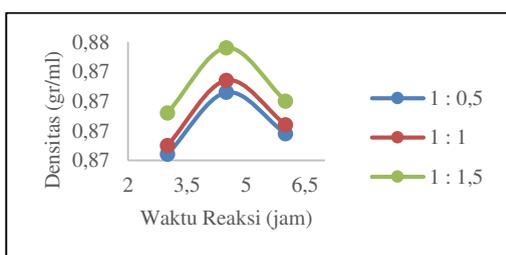
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Nilai pH

Produk MES yang dihasilkan bersifat asam, hal ini dibuktikan dengan nilai yang cukup rendah yaitu 2,29-2,97. Sifat asam ini disebabkan oleh ion H^+ yang terdapat pada gugus SO_3H . Dari grafik diatas terlihat bahwa nilai pH cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya perbandingan rasio mol POME: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Penurunan Nilai pH disebabkan karena semakin besar jumlah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ yang digunakan, sehingga kemungkinan terbentuknya

gugus sulfonat pada reaktan metil ester semakin besar. Pada perbandingan waktu reaksi, semakin lama waktu reaksi nilai pH cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin besar pula kemungkinan terbentuknya gugus sulfonat pada metil ester sehingga derajat keasaman pun semakin tinggi. pH terendah terjadi pada perlakuan rasio mol 1:1,5 dan waktu reaksi 4,5 jam yaitu 2,29.

3.3 Densitas (Berat Jenis)

Densitas merupakan perbandingan berat dari suatu volume sampel pada suhu tertentu dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Efek rasio mol dan waktu reaksi pada densitas cairan tidak dapat diabaikan karena cairan akan meregang mengikuti perubahan rasio mol dan waktu reaksi. Densitas umumnya dikaitkan dengan viskositas dimana cairan lebih padat maka viskositasnya lebih tinggi. Hal ini menyatakan bahwa kandungan pada bahan berpengaruh terhadap densitas. Hasil Pengukuran menunjukkan MES memiliki nilai densitas 0,8731-0,8749 gr/ml. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap densitas MES dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Densitas

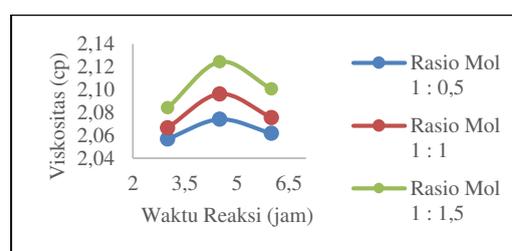
Densitas MES mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan waktu reaksi dan rasio mol reaktan. Densitas MES pada rasio mol 1:1,5 lebih besar dibandingkan densitas MES pada rasio mol 1:0,5. Peningkatan nilai

densitas juga dipengaruhi lamanya proses sulfonasi. Semakin lama proses sulfonasi maka semakin besar nilai densitas MES yang dihasilkan. Dari penelitian disimpulkan bahwa nilai densitas terbaik pada proses sulfonasi terjadi pada waktu 4,5 jam dan rasio mol 1:1,5 yaitu 0,8749 g/cm³. Peningkatan densitas ini terjadi karena terikatnya SO₃ yang berasal dari Natrium metabisulfid pada struktur metil ester semakin banyak sehingga bobot molekul meningkat.

3.4 Viskositas

Proses sulfonasi *palm oil methyl ester* menghasilkan produk berupa MES yang berwarna kuning dengan kekentalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekentalan POME yang digunakan sebagai bahan bakunya. Bertambahnya tingkat kekentalan dapat digunakan sebagai salah satu indikator bahwa selama proses sulfonasi telah terjadi konversi metil ester menjadi metil ester sulfonat.

Kekentalan suatu cairan atau viskositas merupakan sifat fluida yang dipengaruhi oleh ukuran molekul dan gaya antar molekul. Terikatnya gugus sulfonat pada metil ester menjadikan MES memiliki ukuran molekul yang lebih besar sehingga memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakunya (POME). Hasil pengukuran menunjukkan MES memiliki nilai viskositas 2,056-2,1244 cp. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap viskositas MES dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Viskositas

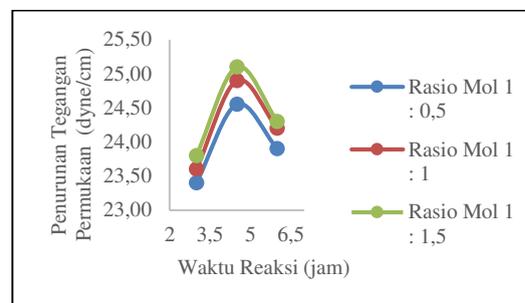
Viskositas MES mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan waktu reaksi dan rasio mol reaktan. Viskositas MES pada rasio mol 1:1,5 lebih besar dibandingkan viskositas MES pada rasio mol 1:0,5. Peningkatan nilai viskositas juga dipengaruhi oleh lamanya waktu sulfonasi. Semakin lama waktu sulfonasi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga produk memiliki viskositas yang tinggi. Peningkatan viskositas ini terjadi karena terikatnya SO_3H pada struktur metil ester. Dari penelitian diperoleh nilai viskositas terbaik dari proses sulfonasi terjadi pada waktu 4,5 jam dan rasio mol 1:1,5 yaitu 2,1244 cp.

3.5 Penurunan Tegangan Permukaan

Reaksi sulfonasi melibatkan penyisipan ion SO_3 ke dalam struktur metil ester. Pada perhitungan nilai pH, MES yang dihasilkan pada penelitian bersifat asam yang ditandai dengan nilai pH 2,29-2,97. Gugus sulfonat yang terikat dengan metil ester yaitu SO_3H . Rantai karbon pada metil ester akan berikatan langsung dengan gugus sulfur dari SO_3H sehingga membentuk gugus $\text{RCHSO}_3\text{HCOOCH}_3$. Pada molekul $\text{RCHSO}_3\text{HCOOCH}_3$, gugus SO_3H bertindak sebagai gugus aktif bersifat aktif permukaan yang suka air. Sementara itu, ester asam lemak bersifat hidrofobik. Untuk itu, adanya molekul hidrofobik dan hidrofilik dalam struktur MES memungkinkan MES bersifat aktif permukaan. Uji kinerja yang dapat dilakukan untuk mengetahui sifat aktif permukaan suatu senyawa aktif adalah melalui uji kemampuan senyawa aktif untuk menurunkan tegangan permukaan.

Dari hasil penelitian ditunjukkan data bahwa terjadi penurunan tegangan permukaan air pada penambahan surfaktan MES. Hasil pengukuran tegangan permukaan air menunjukkan nilai 71,4 dyne/cm. Setelah penambahan MES terjadi penurunan nilai tegangan

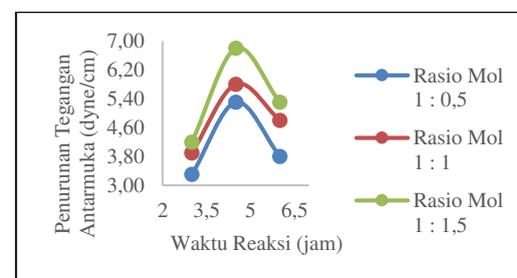
permukaan air menjadi 23,4 hingga 25,1 dyne/cm. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap nilai penurunan tegangan permukaan dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Nilai Penurunan Tegangan Permukaan

3.6 Penurunan Tegangan Antarmuka

Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan dalam penelitian ini mampu menurunkan tegangan antarmuka antara air sebagai fasa polar dan xylene sebagai fasa non-polar. MES yang dihasilkan pada penelitian ini mampu menurunkan tegangan antarmuka air-xylene dari 35,8 dyne/cm menjadi 29,0-32,50 dyne/cm, dengan nilai penurunan tegangan antarmuka sebesar 3,30 – 6,80 dyne/cm. Nilai penurunan tegangan antarmuka yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai penurunan tegangan antarmuka yang dihasilkan Pore (1993), yaitu berkisar 8,4-9,7 dyne/cm. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap penurunan tegangan antarmuka dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



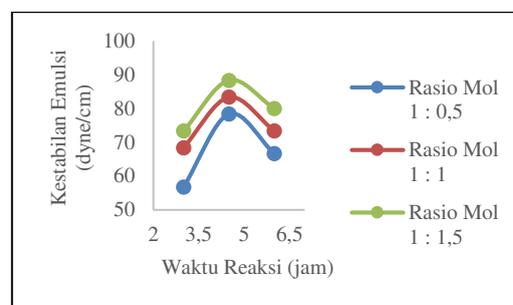
Gambar 8. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Penurunan Tegangan Antarmuka

Berdasarkan grafik diatas, nilai penurunan tegangan antarmuka cenderung meningkat dengan peningkatan rasio mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan lama reaksi. Hal ini disebabkan dengan semakin tingginya nilai rasio mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ yang digunakan, kemungkinan tumbukan antar partikel zat yang akan bereaksi juga semakin besar. Dengan demikian kemungkinan terjadinya reaksi semakin besar. Dalam proses sulfonasi, reaksi yang diharapkan adalah terikatnya gugus sulfonat dari natrium metabisulfit pada atom karbon metil ester. Semakin besar terikatnya gugus sulfonat pada rantai karbon akan meningkatkan jumlah gugus hidrofilik MES. Gugus hidrofilik ini akan menurunkan gaya kohesi dari molekul air sehingga akan menurunkan tegangan antarmuka. Faktor lama reaksi juga berpengaruh terhadap penurunan tegangan antarmuka. Hal ini diperkirakan dengan semakin lama waktu reaksi, kemungkinan terbentuknya surfaktan semakin besar. Penurunan tegangan antarmuka akan semakin meningkat dengan semakin banyaknya molekul surfaktan yang terbentuk. Nilai penurunan tegangan antarmuka mengalami kenaikan pada penggunaan waktu reaksi 3 sampai 4,5 jam. Penurunan tegangan antarmuka kemudian menurun kembali pada reaksi 6 jam. Hal ini terjadi karena natrium metabisulfit kembali membentuk garam dalam bentuk endapan, sehingga gugus SO_3 pada natrium metabisulfit tidak lagi berikatan dengan atom C pada POME.

3.7 Kestabilan Emulsi

Pengujian kestabilan emulsi dilakukan terhadap penambahan metil ester sulfonat. Nilai stabilitas emulsi MES berkisar antara 88,33-56,67%. MES mampu mempertahankan kestabilan emulsi karena adanya pengaruh gugus hidrofilik dan hidrofobik yang dimiliki. Semakin banyak MES yang terbentuk semakin

tinggi kemampuan dalam mempertahankan kestabilan emulsi. Molekul MES mengandung gugus hidrofilik berupa $-\text{SO}_3^-$ yang dapat mengikat air sedangkan gugus hidrofobiknya berupa rantai karbon dari metil ester yang dapat mengikat xylene. Semakin banyak MES yang terbentuk semakin banyak pula air dan xylene yang diikat oleh MES. Kemampuan MES yang dapat mengikat air dan xylene mengakibatkan tegangan antarmuka yang terjadi antara air dan xylene semakin kecil. Grafik hubungan antara rasio mol dan waktu reaksi terhadap nilai kestabilan emulsi dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Rasio Mol dan Waktu Reaksi terhadap Kestabilan Emulsi

Turunnya tegangan antarmuka air dan xylene menandakan bahwa gaya tolak-menolak antara air dan xylene juga menurun. Hal ini juga mengakibatkan sistem emulsi yang terbentuk dengan adanya MES semakin stabil sehingga stabilitas emulsinya semakin tinggi.

IV. KESIMPULAN

Metil Ester Sulfonat dapat diperoleh dengan mereaksikan *Palm Oil Methyl Ester* (POME) dengan senyawa pensulfonasi natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio mol dan waktu reaksi berpengaruh terhadap sifat fisika-kimia metil ester sulfonat. Metil ester sulfonat terbaik diperoleh pada reaksi sulfonasi dengan rasio mol 1:1,5 pada waktu reaksi 4,5 jam dengan nilai

penurunan tegangan permukaan air sebesar 25,10 dyne/cm, penurunan tegangan antarmuka air - xylene sebesar 6,80 dyne/cm dan nilai kestabilan emulsi 88,33%.

Daftar Pustaka

- Bernardini, E. (1983). *Vegetable Oils and Fats Processing. Volume II*. Rome: Interstampa.
- Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S., (1992). *Kimia Organik*, Edisi Ketiga. Jakarta: Aloysius Hadyana P., Jakarta.
- GAPKI, (2014). *Industri Minyak Sawit Indoneisa menuju 100 Tahun NKRI*. Jakarta: GAPKI.
- Lewis, M. A. (1991). *Chronic and Sub-lethal Toxicities of Surfactants to Aquatic Animals. A Review and Risk Assesment*, p.101-113.
- Mehling, A., dan Hensen, H. (2007). *Comparative Studies on the Ocular and Dermal Irritation Potential of Surfactants*. *Jurnal Food and Chem Toxicol*, 14, p.747-758.
- Utomo, R. N. (2010). *Potensi Bakteri Pembentuk Biofilm dalam Mendegradasi Linier Alkilbenzene Sulfonat pada berbagai Ukuran Batu*, Skripsi. FMIPA Universitas Brawijaya: Malang.
- Watkins, C. (2001). *All Eyes are on Texas*. *Inform* 12:p.1152-1159.