

**KAJIAN PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN PENGADUKAN
PADA PROSES PRODUKSI SURFAKTAN DARI
METIL ESTER MINYAK INTI SAWIT (PKO) DENGAN METODE SULFONASI**

Erliza Hambali, Khaswar Syamsu, Ani Suryani dan Mira Hapsari

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRACT

Methyl ester sulphonate (MES) is an anionic surfactant made from natural resources, such as palm kernel methyl ester and has been widely used in soap and detergent industry. The purposes of this research were to get the best conditions of sulphonation process in producing MES from palm kernel methyl ester and to get the characteristics of resulted MES. The factors analyzed were temperature with three levels (60, 80 and 100°C) and agitation speed (100, 300 and 500 rpm). The analysis of the results showed that temperature and agitation speed influence the pH value and the color of MES, decreasing the surface tension, decreasing the interfacial tension, increasing the emulsion stability and increasing the foam stability. Further more, the interaction of temperature and agitation speed influence the pH value and the color of MES, decreasing the interfacial tension, increasing the emulsion stability and increasing the foam stability. The best sulphonation process is performed at 100°C of temperature and 500 rpm of agitation speed. It gives 4.70 of pH, red-purple color with 57.72 of color lightness, water surface tension reduction of 50.9 %, interfacial tension reduction of 97.2 %, 9.0 minutes of emulsion stability and 14.3 hours of foam stability.

Key words . Surfactant, methyl ester, MES, sulphonation

PENDAHULUAN

Surfaktan atau *surface active agent* merupakan suatu molekul *amphipatic* atau *amphiphilic* yang mengandung gugus hidrosilik dan liposilik dalam satu molekul yang sama. Secara umum kegunaan surfaktan adalah untuk menurunkan tegangan permukaan, tegangan antarmuka, meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formasi emulsi, yaitu *oil in water* (O/W) atau *water in oil* (W/O) (Rieger, 1985)

Metil ester sulfonat (MES) merupakan salah satu surfaktan anionik, yaitu surfaktan yang bermuatan negatif pada gugus antar muka hidrosiliknya (*surface-active*). Pemanfaatan metil ester sulfonat umumnya adalah untuk produk-produk kebersihan seperti sabun dan deterjen.

Pada saat ini total produksi surfaktan anionik masih menempati peringkat tertinggi yaitu sekitar 66 % dari total produksi dunia, sedangkan surfaktan kationik hanya 9 %, surfaktan nonionik 24 % dan amfoterik kurang dari 1 % (Sarney *et al.*, 1995). Surfaktan anionik yang paling banyak digunakan adalah linear alkilbenzena sulfonat (LAS) dan alkohol sulfat (AS) yang terbuat dari bahan sintetis minyak bumi (petrokimia), umumnya digunakan dalam produk deterjen. Buangan produk yang menggunakan surfaktan dari bahan sintetis minyak bumi secara alami sulit terdegradasi.

Metil ester sulfonat diperkirakan akan menjadi salah satu surfaktan yang sangat penting untuk

tahun-tahun mendatang mengingat kebutuhan industri sabun dan deterjen akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsumsi masyarakat. Selain itu, MES juga memiliki beberapa keunggulan, yaitu bersifat terbarukan (*renewable resources*), lebih bersih dan ramah lingkungan, secara alami mudah terdegradasi (biodegradable) dan memiliki sifat deterjeni yang baik walaupun digunakan pada air dengan tingkat kesadahan yang cukup tinggi (Matheson, 1996).

Minyak inti sawit (PKO) yang sebagian besar terdiri dari gugus asam laurat dan miristat merupakan sumber bahan haku potensial untuk surfaktan anionik jenis ester sulfonat. Penggunaan PKO sebagai bahan baku surfaktan untuk produk pembersih, terutama deterjen, tidak membutuhkan alat pemanas pada penggunaannya. Pemanfaatan minyak inti sawit (PKO) sebagai bahan haku surfaktan MES dapat meningkatkan pengenakaragaman produk dan juga meningkatkan nilai tambah minyak inti sawit. Selain itu, dengan diproduksinya surfaktan MES di Indonesia akan mengurangi ketergantungan impor surfaktan MES karena selama ini kebutuhan dalam negeri masih dipenuhi melalui impor dari negara lain.

Potensi Indonesia dalam pengembangan surfaktan MES dari minyak inti sawit (PKO) sangat besar. Hal ini mengingat Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Malaysia dan diperkirakan pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi negara penghasil

minyak sawit terbesar di dunia dengan total produksi PKO sebesar 1,9 juta ton/tahun (Darnoko *et al.*, 2001). Perkembangan luas areal perkebunan kelapa sawit dan volume produksi minyak inti sawit (PKO) dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Perkembangan luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia (1996-2002)

Tahun	Luas (ha)		
	PB	PR	Total
1996	1.146.300	738.900	1.885.200
1997	1.739.100	813.200	2.552.300
1998	1.878.100	890.500	2.768.600
1999	2.397.800	1.038.300	3.436.100
2000	2.548.900	1.093.700	3.642.600
2001	2.704.500	1.144.400	3.848.900
2002	3.143.127	1.254.847	4.397.973

PB = Perkebunan Besar PR = Perkebunan Rakyat

Sumber : Badan Pusat Statistik (2003)

Tabel 2. Perkembangan volume produksi minyak inti sawit (PKO) di Indonesia (1996-2002)

Tahun	Produksi PKO (ton)
1996	626.600
1997	927.500
1998	912.100
1999	1.012.400
2000	1.034.200
2001	1.047.900
2002	1.179.473

Sumber : Badan Pusat Statistik (2003)

Menurut Sadi (1993), surfaktan MES mempunyai prospek yang cukup baik sebagai bahan baku deterjen. Alasan utama belum mampunya MES menggantikan linear alkilbenzen sulfonat (LAS) dan alkohol sulfat (AS) sebagai surfaktan anionik terbesar adalah belum sempurnanya teknologi sulfonasi untuk memproduksi MES, padahal MES mempunyai banyak kelebihan dibandingkan LAS dan AS. Karakteristik surfaktan MES komersial dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik surfaktan metil ester sulfonat (MES)

Spesifikasi	MES Palm Stearin (C16 – C18)
Metil ester sulfonat (MES), (% b/b) ^a	83,0
Disodium karboksi sulfonat (di-salt), (% b/b) ^a	3,5
Air, (% b/b) ^a	2,3
Nilai pH ^a	5,3
Warna Klett, 5% aktif (MES+di-salt) ^a	45
Tegangan permukaan (mN/m) ^b	39,0 - 40,2
Tegangan antarmuka (mN/m) ^b	8,4 - 9,7

Sumber : ^a Sheats (2002)

^b Pore (1993)

Untuk menghasilkan kualitas produk terbaik, beberapa perlakuan penting yang harus dipertimbangkan diantaranya adalah suhu reaksi dan kecepatan pengadukan pada proses pembuatannya (Foster, 1996). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi terbaik (suhu dan kecepatan pengadukan) pada proses sulfonasi untuk memproduksi surfaktan metil ester sulfonat (MES) serta memperoleh karakteristik produk surfaktan MES yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan untuk memproduksi metil ester sulfonat (MES) adalah metil ester minyak inti sawit dengan asam lemak dominan C18, yang diperoleh dari PT. Ecogreen Oleochemicals, Batam. Bahan kimia lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah Na-bisulfit (NaHSO₃) dan katalis Al₂O₃. Bahan-bahan kimia untuk analisa yaitu xylene, etanol, larutan HCl, *thymol blue* dan akuades.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor, pendingin balik, *hot plate*, motor pengaduk, termometer, timbangan analitik, *centrifuge*, gelas piala, gelas ukur, sudip, pipet. Peralatan untuk analisa yaitu pH-meter, tensiometer du Nuoy, *vortex mixer*, pipet, tabung ulir.

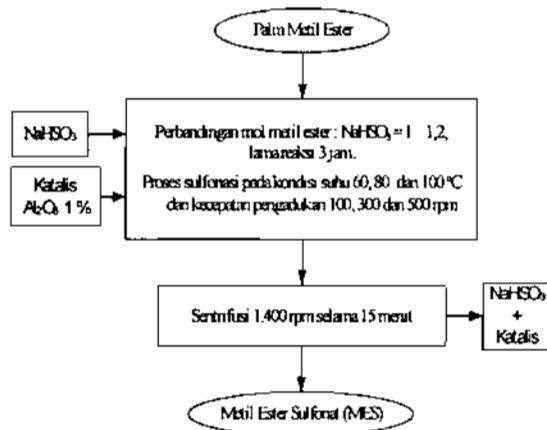
Metode Penelitian

Sulfonasi metil ester minyak inti sawit dilakukan dengan menambahkan NaHSO₃ dan katalis Al₂O₃ sebanyak 1% ke dalam metil ester. Perbandingan metil ester dengan NaHSO₃ yang ditambahkan adalah 1 : 1,2 mol. Proses berlangsung selama tiga jam dengan tiga taraf perlakuan suhu dan tiga taraf perlakuan kecepatan pengadukan. Proses sulfonasi dilakukan pada rentang suhu antara 60°C dan 100°C.

Faktor suhu terdiri dari tiga taraf, yaitu suhu 60, 80 dan 100°C. Faktor kecepatan pengadukan terdiri dari tiga taraf, yaitu kecepatan 100, 300 dan 500 rpm. Helmi (2001), telah melakukan penelitian sulfatasi minyak jarak dengan kecepatan pengadukan 300 rpm.

Hasil sulfonasi selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge* pada kecepatan 1400 rpm selama 15 menit untuk memisahkan metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan dengan NaHSO₃ dan katalis. Sentrifusi merupakan salah satu cara untuk memisahkan bahan cair dan padat dengan menggunakan prinsip gaya sentrifugal untuk meningkatkan kecepatan pengendapan (Bernasconi *et al.*, 1995). Dari hasil sentrifusi diperoleh metil

ester sulfonat (MES) berbentuk cair dan NaHSO_3 dan katalis berupa padatan yang mengendap, selanjutnya MES dapat langsung dipisahkan. Sebelum dilakukan analisa terhadap MES, dilakukan uji timol biru untuk mengetahui terbentuknya surfaktan anionik. Setelah pengujian ini, analisa MES lebih lanjut dapat dilakukan. Diagram alir proses sulfonasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses sulfonasi

Analisis dilakukan di akhir proses terhadap MES yang dihasilkan meliputi pH (BSI, 1996), penurunan tegangan permukaan air (ASTM D 1331, 2000), penurunan tegangan antar muka (ASTM D 1331, 2000), peningkatan kestabilan emulsi dengan penambahan MES (ASTM D 1436, 2000), warna MES (Hutchings, 1999) dan lama pembusaan dengan penambahan MES.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu suhu dan kecepatan pengadukan. Masing-masing faktor terdiri dari 3 taraf serta dilakukan dengan 2 kali ulangan. Faktor suhu terdiri dari taraf suhu 60, 80 dan 100°C. Faktor kecepatan pengadukan terdiri dari 100, 300 dan 500 rpm. Model yang digunakan untuk rancangan ini adalah sebagai berikut (Sudjana, 1988).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{k(ij)}$$

keterangan :

- Y_{ijk} = hasil pengamatan pada ulangan ke-k suhu ke-i dan kecepatan pengadukan ke-j
- μ = rata-rata yang sebenarnya
- A_i = pengaruh terhadap suhu ke-i ($i = 1, 2, 3$)
- B_j = pengaruh terhadap kecepatan pengadukan ke-j ($j = 1, 2, 3$)

$$(AB)_{ij} = \text{pengaruh interaksi suhu ke-}i \text{ dan kecepatan pengadukan ke-}j$$

$$\epsilon_{k(ij)} = \text{galat eksperimen}$$

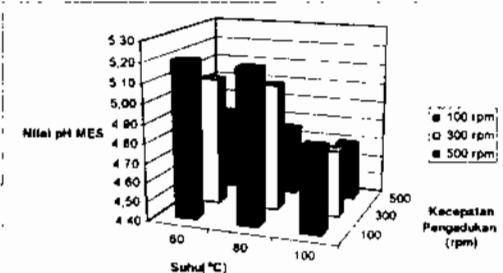
Dari hasil analisis keragaman yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Wilayah Berganda Duncan untuk mengetahui lebih lanjut adanya perbedaan dalam perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji timol biru mengindikasikan bahwa semua hasil sulfonasi merupakan surfaktan anionik sehingga dapat dilakukan analisis parameter selanjutnya. Dari semua hasil pengujian terbentuk warna ungu-kemerahan dari hasil sulfonasi yang mengindikasikan keberadaan surfaktan anionik dalam larutan.

Perubahan Nilai pH Metil Ester Sulfonat (MES)

Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui derajat keasaman metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan dari proses sulfonasi. Hasil pengukuran menunjukkan kisaran nilai pH MES antara 4,70 hingga 5,21. Nilai pH metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap perubahan nilai pH MES

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH, sedangkan interaksi suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh nyata terhadap nilai pH metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan. Peningkatan suhu dan kecepatan pengadukan cenderung menurunkan nilai pH.

Seluruh perlakuan menunjukkan penurunan nilai pH terhadap metil ester sebagai bahan baku utama, dimana nilai pH metil ester adalah sebesar 5,47. Penurunan nilai pH ini terjadi karena reaksi metil ester dengan natrium bisulfit (NaHSO_3) yang bersifat asam. Reaksi sulfonasi antara metil ester dengan natrium bisulfit (NaHSO_3) akan terjadi pada

bagian α -atom karbon atau pada bagian rantai tidak jenuh (ikatan rangkap) (Swern, 1979). Pada reaksi sulfonasi, gugus belerang dari NaHSO_3 akan berikatan langsung dengan rantai karbon sehingga terbentuk gugus $\text{RCHSO}_3\text{NaCOOCH}_3$, atau surfaktan MES.

Bahan baku metil ester yang digunakan kaya akan ikatan rangkap, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi sulfonasi pada ikatan rangkap. Banyaknya ikatan rangkap dapat dilihat dari bilangan iod metil ester yang cukup tinggi, yaitu sebesar 83,2 g/100 g. Menurut Ketaren (1985), bilangan iod menunjukkan derajat ketidakjenuhan, yaitu banyaknya ikatan rangkap (ikatan tidak jenuh) pada rantai karbon. Semakin banyak ikatan rangkap maka semakin tinggi pula nilai bilangan iod.

Nilai pH yang semakin menurun dengan meningkatnya suhu dan kecepatan pengadukan disebabkan karena semakin banyaknya NaHSO_3 yang terikat membentuk metil ester sulfonat (MES), $\text{RCHSO}_3\text{NaCOOCH}_3$. Nilai pH dari semua surfaktan MES yang dihasilkan masih berada di bawah nilai pH MES komersial, yaitu sebesar 5,3. Hal ini disebabkan karena MES yang dihasilkan belum melewati tahapan proses neutralisasi, sehingga masih bersifat asam.

Semakin tinggi suhu, nilai pH cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena suhu dapat memacu terjadinya reaksi sulfonasi sehingga mempercepat pembentukan MES. Menurut Steinfeld (1989), semua reaksi berlangsung lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu dapat meningkatkan jumlah fraksi molekul yang mencapai energi pengaktifan (energi aktivasi). Energi aktivasi mendorong sebagian pereaksi sampai pada keadaan yang aktif sehingga siap untuk bereaksi, yang disebut kompleks teraktivasi. Pada reaksi eksoterm diperlukan energi pengaktifan yang tinggi untuk sampai pada keadaan ini dan setelah sebagian molekul-molekul bereaksi, akan dibebaskan sejumlah energi lebih besar daripada energi pengaktifan. Energi yang dibebaskan ini akan mengaktifkan molekul-molekul lain yang belum bereaksi.

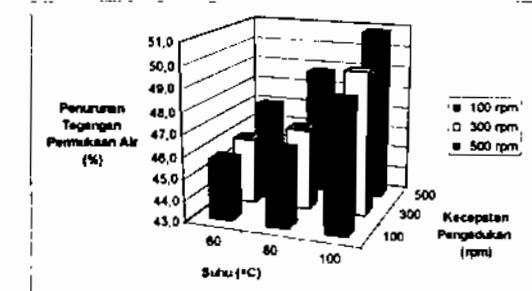
Kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan nilai pH. Menurut Steinfeld (1989), pada campuran reaksi yang heterogen yaitu pereaksi yang terdiri dari dua fase atau lebih, reaksi hanya terjadi pada bidang batas campuran. Bidang batas campuran inilah yang dimaksud dengan bidang sentuh. Dengan memperbesar luas bidang sentuh, reaksi akan berlangsung lebih cepat. Pengadukan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan luas permukaan bidang sentuh, sehingga memperbesar laju reaksi dan meningkatkan kemungkinan bereaksinya metil ester dengan NaHSO_3 .

Dalam hal nilai pH, perlakuan yang menghasilkan nilai pH tertinggi adalah kondisi proses suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, yaitu sebesar 5,21. Nilai ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan suhu 80°C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan.

Penurunan Tegangan Permukaan Air

Menurut Shaw (1980), tegangan permukaan didefinisikan sebagai usaha yang dibutuhkan untuk memperluas permukaan cairan per satuan luas. Persentase penurunan tegangan permukaan air menunjukkan kisaran antara 45,8 hingga 50,9 %. Histogram persentase penurunan tegangan permukaan air dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan tegangan permukaan air, sedangkan interaksi suhu dengan kecepatan pengadukan tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan tegangan permukaan air.



Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap persentase penurunan tegangan permukaan air dengan penambahan MES

Uji Duncan terhadap kemampuan surfaktan dalam penurunan tegangan permukaan air memberikan hasil berbeda nyata antara perlakuan suhu 60, 80 dan 100°C. Perlakuan suhu 60°C memberikan nilai penurunan tegangan permukaan air yang lebih rendah dibandingkan suhu 80°C dan 100°C, demikian juga untuk suhu 80°C memberikan nilai penurunan tegangan permukaan air yang lebih rendah dibandingkan suhu 100°C. Uji Duncan memberikan hasil tidak berbeda nyata antara perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm dan 300 rpm, namun memberikan hasil berbeda nyata dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Perlakuan kecepatan pengadukan 100 dan 300 rpm memberikan nilai penurunan tegangan permukaan air yang lebih rendah dibandingkan perlakuan kecepatan pengadukan 500 rpm. Semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan,

penurunan tegangan permukaan air dengan penambahan MES cenderung semakin meningkat.

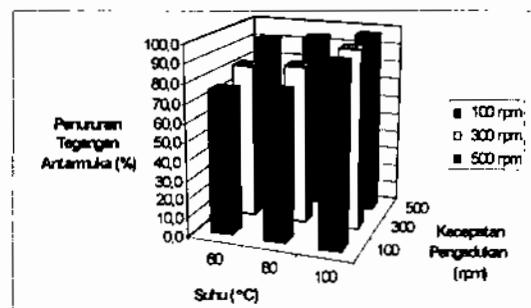
Surfaktan MES yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan air. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya nilai penurunan tegangan permukaan air dengan penambahan MES. Semua hasil pengukuran tegangan permukaan air dengan penambahan MES menunjukkan nilai tegangan permukaan yang lebih rendah dari tegangan permukaan air sebagai kontrol, yaitu sebesar 68,5 mN/m. Penambahan surfaktan MES menghasilkan nilai tegangan permukaan air yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tegangan permukaan air dengan penambahan MES komersial, yaitu sebesar 39,0 – 40,2 mN/m. Nilai tegangan permukaan air terendah dengan penambahan MES adalah sebesar 33,7 mN/m pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Surfaktan dinilai semakin baik apabila memiliki nilai penurunan tegangan permukaan air yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air semakin besar. Persentase penurunan tegangan permukaan air tertinggi adalah sebesar 50,9 % pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm.

Peningkatan suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap nilai penurunan tegangan permukaan air. Hal ini erat hubungannya dengan kemampuan suhu dan pengadukan dalam meningkatkan reaksi sulfonasi. Peningkatan suhu dapat mempercepat laju reaksi sehingga diduga dapat mempercepat reaksi sulfonasi membentuk metil ester sulfonat (MES), sedangkan kecepatan pengadukan dapat meningkatkan kemungkinan bereaksi-nya metil ester dengan NaHSO_3 karena pengadukan dapat menambah luas permukaan bidang sentuh antara pereaksi yang berbeda fase sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat (Steinfeld, 1989). Pada reaksi sulfonasi, gugus sulfur dari NaHSO_3 akan berikatan langsung dengan rantai karbon di bagian ikatan rangkap atau bagian α -atom karbon sehingga terbentuk gugus $\text{RCHSO}_3\text{NaCOOCH}_3$ atau surfaktan MES. Dengan meningkatnya suhu dan kecepatan pengadukan maka akan semakin banyak jumlah NaHSO_3 yang terikat membentuk surfaktan metil ester sulfonat (MES) sehingga semakin tinggi nilai penurunan tegangan permukaan air.

Dalam hal penurunan tegangan permukaan air, perlakuan yang menghasilkan nilai terbaik adalah pada kondisi suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm, dengan persentase penurunan sebesar 50,9 %. Nilai ini berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan.

Penurunan Tegangan Antar Muka

Hasil pengukuran menunjukkan kisaran penurunan tegangan antarmuka antara 75,8 hingga 97,2 %. Histogram penurunan tegangan antarmuka diperlihatkan pada Gambar 4. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu, kecepatan pengadukan dan interaksi suhu dengan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan nilai tegangan antar muka.



Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan tegangan antarmuka dengan penambahan MES

Surfaktan MES yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan antarmuka. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya nilai penurunan tegangan antarmuka air dan xylen dengan penambahan MES. Semua hasil pengukuran tegangan antarmuka dengan penambahan MES menunjukkan nilai yang lebih rendah dari tegangan antarmuka campuran air dan xylen sebagai kontrol, yaitu sebesar 35,4 mN/m. Penambahan surfaktan MES menghasilkan nilai tegangan antarmuka yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tegangan antarmuka dari penambahan MES komersial, yaitu sebesar 8,4 – 9,7 mN/m. Nilai tegangan antarmuka terendah dengan penambahan MES adalah sebesar 1,0 mN/m pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Surfaktan dinilai semakin baik apabila memiliki nilai persentase penurunan tegangan antarmuka yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan antarmuka semakin besar. Persentase penurunan tegangan antarmuka tertinggi adalah 97,2 % pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Turunnya tegangan antarmuka akan menurunkan gaya kohesi dan sebaliknya meningkatkan gaya adhesi. Gaya kohesi adalah gaya antarmolekul yang bekerja diantara molekul-molekul yang sejenis, sedangkan gaya adhesi adalah gaya antarmolekul yang bekerja diantara molekul-molekul yang tidak sejenis (Suryani *et al.*, 2000).

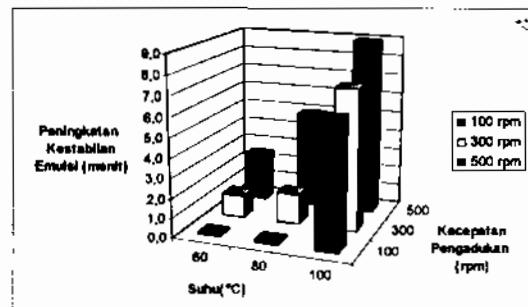
Peningkatan suhu dan kecepatan pengadukan cenderung meningkatkan nilai penurunan tegangan antarmuka. Nilai penurunan tegangan antarmuka kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah surfaktan yang dihasilkan dari proses sulfonasi. Semakin banyak surfaktan yang dihasilkan, maka semakin besar kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan antarmuka, sehingga semakin tinggi nilai penurunan tegangan antarmuka. Menurut Steinfeld (1989), peningkatan suhu dapat mempercepat laju reaksi dengan meningkatkan jumlah fraksi molekul yang mencapai energi aktivasi. Hal ini didukung dengan pengadukan yang dapat mempercepat laju reaksi karena pengadukan dapat menambah luas permukaan bidang sentuh antara pereaksi yang berbeda fase (reaksi heterogen), dalam hal ini adalah antara metil ester dan NaHSO_3 . Dengan demikian, peningkatan suhu dan kecepatan pengadukan akan meningkatkan jumlah NaHSO_3 yang terikat dengan metil ester membentuk surfaktan metil ester sulfonat (MES).

Dalam hal penurunan tegangan antarmuka, perlakuan yang menghasilkan nilai terbaik adalah pada kondisi suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm, yaitu sebesar 97,2 %. Nilai ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 300 rpm, perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm, perlakuan suhu 80°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan.

Peningkatan Kestabilan Emulsi dengan Penambahan MES

Hasil pengukuran kestabilan emulsi dengan penambahan MES berkisar antara 0,1 hingga 9,0 menit. Histogram peningkatan kestabilan emulsi dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan kestabilan emulsi, sedangkan interaksi suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh nyata terhadap peningkatan kestabilan emulsi.

Nilai peningkatan kestabilan emulsi menunjukkan pola yang sama dengan penurunan tegangan antarmuka. Semakin tinggi penurunan tegangan antar muka, maka peningkatan kestabilan emulsi akan semakin tinggi, sebaliknya semakin rendah penurunan tegangan antarmuka maka peningkatan kestabilan emulsi akan semakin rendah pula. Menurut Suryani *et al.*, (2000), penurunan tegangan antar muka akan mengurangi gaya kohesi dan meningkatkan gaya adhesi, selain itu surfaktan akan membentuk lapisan tipis (*film*) yang akan menyclimuti partikel dan mencegah penggabungan partikel yang sejenis. Dengan demikian akan meningkatkan kestabilan emulsi.



Gambar 5. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap peningkatan nilai kestabilan emulsi dengan penambahan MES

Tingginya nilai kestabilan emulsi pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm diduga karena semakin banyaknya surfaktan yang terbentuk. Semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan maka akan semakin banyak jumlah NaHSO_3 yang terikat dengan metil ester membentuk surfaktan metil ester sulfonat (MES).

Pada kondisi suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan kondisi suhu 80°C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki nilai kestabilan emulsi yang rendah. Hal ini mempunyai pola yang sama dan berhubungan dengan nilai tegangan antarmuka yang tinggi. Semakin tinggi tegangan antarmuka, maka akan semakin rendah kemampuan surfaktan untuk mengikat gugus polar pada bagian hidrofilik dan mengikat gugus nonpolar pada bagian hidrofobik. Selanjutnya akan mengurangi kemampuan penurunan daya kohesi dan mengurangi kemampuan peningkatan daya adhesi, sehingga emulsi yang terbentuk tidak akan bertahan lama dan akan langsung memisah. Emulsi yang demikian dinamakan emulsi temporer. Menurut Suryani *et al.*, (2000), emulsi temporer adalah emulsi sementara yang terbentuk dengan adanya pencampuran secara mekanis. Setelah emulsi diaduk beberapa saat akan terjadi pemisahan diantara partikel-partikel yang tidak sejenis (berbeda kepolarnya), dimana partikel yang larut dalam air (polar) akan bergabung kembali dengan partikel polar dan partikel yang larut dalam minyak (non-polar) akan bergabung dengan partikel nonpolar. Akhirnya emulsi tersebut akan membentuk garis tajam dan jelas dimana minyak yang densitasnya lebih kecil berada di lapisan atas dan air berada di lapisan bawah.

Dalam hal kestabilan emulsi, perlakuan yang menghasilkan nilai terbaik adalah proses sulfonasi pada kondisi suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm sebesar 9,0 menit. Nilai ini berbeda nyata dengan interaksi perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan.

Warna Metil Ester Sulfonat (MES)

Warna metil ester sulfonat (MES) diukur dengan menggunakan sistem notasi Hunter. Sistem notasi Hunter dicirikan dengan tiga parameter, yaitu L, a dan b. Nilai L menyatakan parameter kecerahan (light) yang mempunyai nilai 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai L menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik putih, abu-abu dan hitam. Nilai a menyatakan warna kromatik campuran merah sampai hijau dengan nilai +a (positif) dari 0 sampai 100 untuk warna merah dan nilai -a (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Nilai b menyatakan warna kromatik campuran kuning sampai biru, dengan nilai +b (positif) dari 0 sampai 70 untuk warna kuning dan nilai -b (negatif) dari 0 sampai 70 untuk warna biru (Soekarto, 1990).

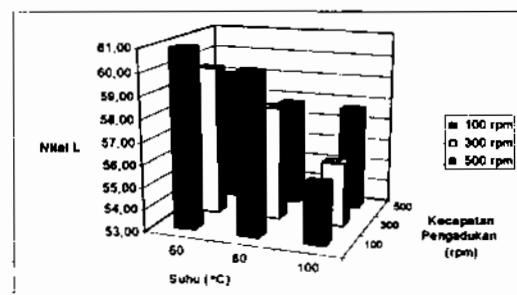
Hasil pengukuran menunjukkan kisaran nilai L MES antara 55,69 hingga 60,98. Data kromasitas metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu, kecepatan pengadukan dan interaksi suhu dengan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai L MES yang dihasilkan.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa dengan semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai L. Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi dapat mengurai-kan zat warna alami yang bersifat larut dalam metil ester. Menurut Ketaren (1986), zat warna alami, seperti karoten dan tokoferol bersifat tidak stabil pada suhu tinggi.

Semakin tinggi suhu maka penguraian zat warna akan berlangsung semakin cepat, sehingga akan menyebabkan tingkat kecerahan (nilai L) semakin menurun. Pada suhu 100°C nilai L akan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kecepatan pengadukan. Hal ini disebabkan karena pada suhu 100°C penguraian warna akan menjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan penguraian warna pada suhu 60 dan 80°C, sehingga dibutuhkan pengadukan yang cepat untuk menghilangkan perbedaan panas diantara molekul-molekul yang bereaksi. Menurut Bernasconi *et al.* (1995), salah satu tujuan dari pengadukan adalah menghilangkan perbedaan suhu, mempertukarkan panas dan menge-eluarkan secara merata gas-gas dan uap yang timbul. Penurunan tingkat kecerahan warna dapat disebabkan juga karena larutnya zat warna NaHSO₃ ke dalam metil ester pada reaksi sulfonasi.

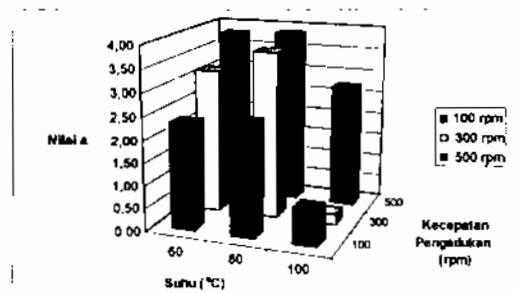
Semakin tinggi nilai L berarti semakin tinggi tingkat kecerahan produk. Surfaktan MES yang memiliki tingkat kecerahan tertinggi adalah pada perlakuan suhu 60°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Nilai ini berbeda nyata dengan interaksi perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan. Tingkat kecerahan terendah terdapat

pada MES dengan perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm.



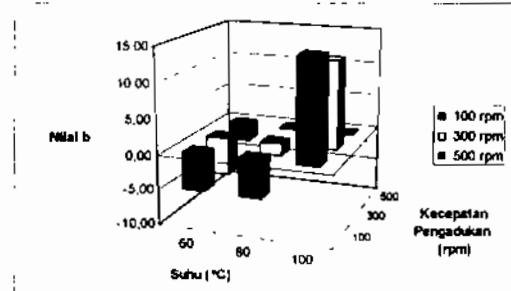
Gambar 6. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap nilai L metil ester sulfonat (MES)

Hasil pengukuran menunjukkan kisaran nilai a MES antara 0,22 hingga 3,87. Nilai a metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 7 dan Tabel 4. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu, kecepatan pengadukan dan interaksi suhu dengan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai a MES yang dihasilkan. Semua surfaktan MES yang dihasilkan memiliki kecenderungan warna kromatik merah karena memiliki nilai a positif. Menurut Hui (1996), warna merah dan kuning pada minyak umumnya berhubungan dengan komponen zat warna alami yang larut dalam minyak, seperti karoten dan tokoferol. Zat warna alami ini bersifat tidak stabil pada suhu tinggi. Surfaktan MES yang memiliki nilai a tertinggi adalah pada perlakuan suhu 80°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Nilai ini berbeda nyata dengan interaksi perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan. Nilai a terendah terdapat pada MES dengan perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 300 rpm.



Gambar 7. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap nilai a metil ester sulfonat (MES)

Hasil pengukuran menunjukkan kisaran nilai b MES antara -5,41 hingga 14,63. Nilai b metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 8 dan Tabel 4. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu, kecepatan pengadukan dan interaksi suhu dengan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai b MES yang dihasilkan. Menurut Hui (1996), warna biru dapat disebabkan karena uap air yang terbentuk selama proses, atau disebabkan karena terbentuknya partikel yang tersuspensi, teremulsi atau terdispersi. Surfaktan MES yang dihasilkan memiliki kecenderungan warna kromatik biru karena memiliki nilai b negatif, akan tetapi untuk perlakuan suhu 100°C dengan kecepatan pengadukan 100 dan 300 rpm memiliki kecenderungan warna kromatik kuning karena memiliki nilai b positif. Surfaktan MES yang memiliki nilai b tertinggi adalah pada perlakuan suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Nilai ini berbeda nyata dengan interaksi perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan. Nilai b terendah terdapat pada MES dengan perlakuan suhu 60°C dan kecepatan pengadukan 100 dan 300 rpm.



Gambar 8. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap nilai b metil ester sulfonat (MES)

Berdasarkan nilai a dan b dapat diperoleh $^{\circ}\text{Hue}$. Dengan menggunakan kisaran warna dari $^{\circ}\text{Hue}$ dapat ditentukan warna dari surfaktan MES yang dihasilkan. Nilai $^{\circ}\text{Hue}$ dan warna MES dapat dilihat pada Tabel 4.

Peningkatan Lama Pembusaan dengan Penambahan MES

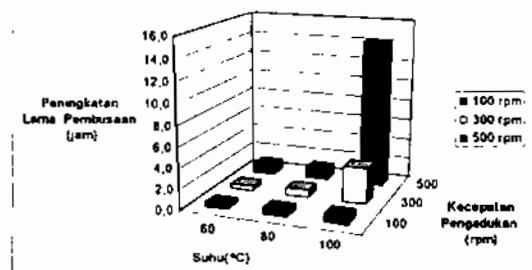
Hasil pengukuran lama pembusaan dengan penambahan MES berkisar antara 0,4 hingga 14,3 jam. Histogram peningkatan lama pembusaan dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu, kecepatan pengadukan dan interaksi suhu dan kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan lama pembusaan.

Tabel 4. Data kromasitas metil ester sulfonat (MES)

Perlakuan	Nilai L	Nilai a	Nilai b	$^{\circ}\text{Hue}$	Warna
A1B1	60,98	2,33	-5,41	293,3	BU
A1B2	59,71	3,19	-5,41	300,5	BU
A1B3	58,97	3,80	-2,57	326,0	U
A2B1	60,19	2,47	-5,51	294,1	BU
A2B2	58,12	3,69	-1,71	335,1	U
A2B3	57,80	3,87	-0,12	358,2	MU
A3B1	55,69	0,78	14,63	87,0	KM
A3B2	55,86	0,22	12,57	89,0	KM
A3B3	57,72	2,74	-0,16	356,7	MU

Keterangan

- BU = Biru keunguan
- U = Ungu
- MU = Merah keunguan
- KM = Kuning kemerahan
- A1 = suhu 60°C
- A2 = suhu 80°C
- A3 = suhu 100°C
- B1 = kecepatan pengadukan 100 rpm
- B2 = kecepatan pengadukan 300 rpm
- B3 = kecepatan pengadukan 500 rpm



Gambar 9. Grafik hubungan antara suhu dan kecepatan pengadukan terhadap peningkatan lama pembusaan dengan penambahan MES

Lama pembusaan menunjukkan pola yang sama dengan kestabilan emulsi, penurunan tegangan permukaan air dan penurunan tegangan antarmuka. Menurut Hui (1996), surfaktan dapat menyebabkan terjadinya pembusaan. Pembentukan busa serupa dengan pembentukan emulsi, yaitu emulsi minyak dalam air (o/w). Dalam pembusaan, udara merupakan fasa terdispersi dan air merupakan fasa pendispersi. Surfaktan akan terkonsentrasi pada permukaan antara air dan udara, dimana gugus hidrofobik berikatan dengan udara dan gugus hidrofilik berikatan dengan air. Dengan demikian, semakin rendah nilai tegangan antarmuka dan tegangan permukaan akan semakin mengurangi gaya kohesi dan meningkatkan gaya adhesi, sehingga lebih memudahkan terjadinya pembusaan. Peningkatan suhu dan kecepatan pengadukan cenderung meningkatkan lama pembusaan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan maka akan semakin banyak jumlah NaHSO₃ yang terikat dengan metil ester membentuk surfaktan metil ester sulfonat (MES).

Dalam hal lama pembusaan, perlakuan yang menghasilkan nilai tertinggi adalah proses sulfonasi

pada kondisi suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 500 rpm sebesar 14,3 jam. Nilai ini berbeda nyata dengan interaksi perlakuan lainnya, seperti ditunjukkan oleh hasil Uji lanjut Duncan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kondisi terbaik pada proses sulfonasi untuk memproduksi surfaktan metil ester sulfonat (MES) ditinjau dari suhu dan kecepatan pengadukan adalah suhu 100°C dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Karakteristik surfaktan MES yang dihasilkan dari kondisi proses ini adalah nilai pH 4,70, berwarna merah keunguan dengan tingkat kecerahan 57,72, mampu menurunkan tegangan permukaan air sampai 50,9 %, mampu menurunkan tegangan antarmuka sampai 97,2 %, mampu meningkatkan ketstabilitan emulsi selama 9,0 menit serta mampu mempertahankan lama pembusaan selama 14,3 jam.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada tingkat suhu dan kecepatan pengadukan yang lebih tinggi untuk mengetahui kemungkinan kondisi proses yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan jenis pengaduk yang paling tepat untuk memproduksi metil ester sulfonat (MES) karena faktor kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap surfaktan MES yang dihasilkan.
3. Perlu dilakukan proses neutralisasi lebih lanjut terhadap surfaktan MES yang dihasilkan serta karakteristik surfaktan MES yang dihasilkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
4. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai kemungkinan penggunaan kembali NaHSO_3 dan katalis sisa hasil reaksi sulfonasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standar. 2000. Section Fifteen. *General Products, Chemical Specialties and End Use Products*. Vol 15.04. Easton, MD USA.
- Bernasconi, G., H. Gerster, H. Hauser, H. Stauble, E. Schneiter. 1995. Teknologi Kimia Bagian 2. Diindonesiakan oleh Lienda Handojo. Pradnya Paramita, Jakarta.
- BPS. 2003. Statistik Indonesia 1996 – 2002. Badan Pusat Statistik, Jakarta
- BSI. 1996. British Standar. BS EN, 1262. *Surface Active Agents*. British Standar Institute, Britain.
- Darnoko, T. Herawan dan P. Guritno. 2001. Teknologi Produksi Biodiesel dan Prospek Pengembangannya di Indonesia. WARTA PPKS Vol. 9 (1) : 17 – 27.
- Foster, N.C. 1996. *Sulfonation and Sulfation Processes*. In : *Soap and Detergents : A Theoretical and Practical Review*. Spitz, L. (Ed). AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Helmi. 2001. Mempelajari Proses Sulfatasi Minyak Jarak sebagai *Fat Liquor*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Hui, Y. H. 1996. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Volume 3. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Hutchings, J. B. 1999. *Food Color and Appearance*. Second Edition. Aspen Publ., Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Ketaren, S. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. UI Press, Jakarta.
- 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.
- Pore, J. 1993. *Oil and Fats Manual*. Intercept Ltd, Andover, UK, Paris, New York.
- Rieger, M. M. (Ed). 1985. *Surfactant in Cosmetics*. Surfactant science series, Marcel Dekker, Inc. New York. 488p.
- Sadi, S. 1993. Penggunaan Minyak Sawit dan Inti Sawit sebagai bahan Baku Surfaktan. Berita Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), 1 (1) : 57 – 63.
- Samey, D. B. dan E. N. Vulfson. 1995. *Application of Enzymes to the synthesis of surfactants*. Trends in Biotechnology. 13 (5) : 164 – 172.
- Shaw, D. J. 1980. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butterworths. Oxford, England.
- Sheats, W. B. dan B. W. MacArthur. 2002. Methyl Ester Sulfonate Products. <http://www.chemithon.com>
- Soekarto, S. T. 1990. Dasar-dasar Pengawasan Mutu Standarisasi Mutu Pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Steinfeld, J. I., J. S. Francisco dan W. L. Hase. 1989. *Chemical Kinetics and Dynamics*. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Sudjana, M. A. 1988. *Diseain dan Analisis Eksperimen*. Penerbit Tarsito, Bandung.
- Suryani, A., I. Sailah, dan E. Hambali. 2000. Teknologi Emulsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FATEKA, IPB, Bogor.
- Swern, D. 1979. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Vol. I 4th editions. John Wiley and Son, New York.