

OPTIMASI PROSES PEMBUATAN METIL ESTER SULFONAT (MES) DARI MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha Curcas L.*) DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI TEGANGAN ANTARMUKA MENGGUNAKAN METODE PERMUKAAN RESPON
(Optimization Condition for Methyl ester Sulphonate (MES) Processing from *Jatropha Oil (Jatropha Curcas L.)* and its Effect on the Interfacial Tension by Using Response Surface Methodology)

Sri Hidayati¹⁾, dan A. Sapta Zuidar¹⁾ dan Ferdi Yanto²⁾,

¹⁾ Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jalan Soemantri Brojonegoro no I Bandar Lampung

e_mail:hidayati_thp@unila.ac.id

²⁾ Alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung

ABSTRACT

The objectives of this research were to obtain the optimum condition for processing of MES from methyl ester of jatropha oil, and to characterize MES processed at its optimum condition. The experiment was designed in a factorial 2^4 with four free variables: temperatures of sulfphonation (X_1) consisted of : 60°C, 80°C, 100°C, 120°C, and 140°C; the length of sulfonation (X_2) consisted of : 1,5 hours, 3 hours, 4,5 hours, 6 hours, and 7,5 hours; methanol concentrations (X_3) consisted of : 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%; purification temperatures (X_4) consist of : 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, and 70°C. Data were analysed using response surface methodology of Minitab 14 software.

The results showed that combination condition of the optimum treatment for interfacial tension was achieved when the process was carried out at temperature of sulphonation (X_1) 102°C, time of sulphonation (X_2) 3,9 hour, methanol concentration (X_3) 38%, and temperature of purification (X_4) 50°C with the IFT value stationer point at 3,418457 dyne/cm. MES from methyl ester of jatropha oil processed at the optimum condition has the characteristics of absorbance value of 0,3 and emulsion stability of 45%.

Key words: surfactant, methyl ester sulphonate, interfacial tension.

PENDAHULUAN

Metil ester sulfonat (MES) merupakan salah satu jenis surfaktan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan antarmuka/interfacial tension (IFT) minyak dan air sehingga dapat bercampur dengan homogen. Surfaktan banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri sabun, detergen, farmasi, kosmetika, cat, dan industri perminyakan. Bahan baku pembuatan surfaktan dapat diperoleh dari minyak bumi (*fossil fuel*) atau dari minyak nabati dan hewani. Kelemahan surfaktan dari minyak bumi adalah bahan baku bersifat tidak dapat diperbarui, harga mahal, tidak tahan pada kesadahan tinggi, dan sulit

didegradasi oleh mikroba sehingga tidak ramah lingkungan. Saat ini surfaktan detergen masih didominasi oleh produk turunan petrokimia, salah satunya adalah *Linier Alkyl Benzene Sulfonat* (LABS). Harga minyak bumi dunia yang semakin mahal membuat beberapa industri detergen di Amerika dan Jepang mulai menggunakan minyak nabati untuk bahan baku pembuatan surfaktan (Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, 2007).

Bahan baku yang banyak dikembangkan untuk pembuatan surfaktan MES di Indonesia saat ini adalah metil ester minyak sawit, baik *crude palm oil* (CPO) ataupun *palm kernel oil* (PKO). Produksi

MES dari metil ester minyak sawit mempunyai prospek yang sangat baik karena bahan baku CPO atau PKO mudah didapat, murah, dan ramah lingkungan. Metil ester sulfonat dari minyak nabati kelapa, PKO, stearin sawit, dan kedelai akan menjadi kompetitif produk baru (Sheats dan Mac Arthur, 2002). Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu MES yang memiliki nilai sebanding dengan MES dari minyak bumi/minyak nabati (sawit) dan tanpa daya saing terhadap produk pangan dari bahan bakunya.

Salah satu minyak nabati yang potensial dan belum dimanfaatkan untuk pembuatan bahan baku surfaktan adalah minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas* L). Minyak jarak pagar secara kimiawi terdiri atas trigliserida asam lemak yang berantai lurus (tidak bercabang) dengan atau tanpa ikatan rangkap. Minyak jarak pagar bila digunakan sebagai bahan baku surfaktan memiliki keunggulan yaitu tidak memiliki daya saing terhadap produk pangan karena minyak jarak pagar masih mengandung racun protein berupa phorbol ester dan curcin, memiliki harga yang lebih murah dibanding minyak nabati seperti minyak inti sawit, kedelai, dan minyak bunga matahari, selain itu tanaman jarak pagar penghasil minyak jarak pagar mudah dibudidayakan pada lahan-lahan kritis. Produksi tanaman jarak pagar berkisar antara 3,5-4,5 kg biji per pohon per tahun. Tanaman jarak pagar yang sudah berumur satu tahun dengan jarak tanam 2 x 2 m dan populasi tanaman 2500-3300 pohon akan menghasilkan 8-15 ton biji per hektar. Rendemen minyak yang dapat diperoleh sebesar 35%, maka dari setiap hektar lahan dapat diperoleh 2,5-5 ton minyak (Priyanto, 2007). Selain itu, keunggulan yang dimiliki surfaktan metil ester sulfonat dari minyak jarak pagar

dibandingkan surfaktan berbasis petroleum (bahan baku minyak bumi) adalah bahan baku bersifat dapat diperbarui, murah, dan lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi proses yang optimum pada proses pembuatan MES dari metil ester minyak jarak pagar terhadap nilai IFT menggunakan metode permukaan respon dan mengetahui karakteristik surfaktan MES yang dihasilkan pada kondisi optimum.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam adalah metil ester minyak jarak yang diperoleh dari Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC) IPB. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah NaHSO_3 , CH_3OH (metanol), KOH , NaOH , KI , phenolftalein, asam asetat, kloroform, pereaksi Hanus (larutan Wijs), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (natrium thiosulfat), alkohol netral 95%, pati, akuades, dan aseton.

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) adalah seperangkat reaktor sulfonasi skala laboratorium, hotplate stirrer, pH meter, separator, alat timbang dan alat analisis seperti spinning drop tensiometer, kromatografi gas, spektrometer UV-Visible, dan alat analisis uji kimia.

Metode Penelitian

Rancangan perlakuan dalam penelitian ini adalah faktorial 2^4 dengan empat variabel bebas yang dicobakan yaitu suhu reaksi dikodekan X_1 , lama reaksi dikodekan X_2 , konsentrasi metanol dikodekan X_3 , dan suhu pemurnian dikodekan X_4 . Suhu sulfonasi (X_1) terdiri: 60°C, 80°C, 100°C, 120°C, dan 140°C;

lama sulfonasi (X_2) terdiri : 1,5 jam, 3 jam, 4,5 jam, 6 jam, dan 7,5 jam; Konsentrasi metanol (X_3) terdiri : 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%; Suhu pemurnian (X_4) terdiri : 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C.

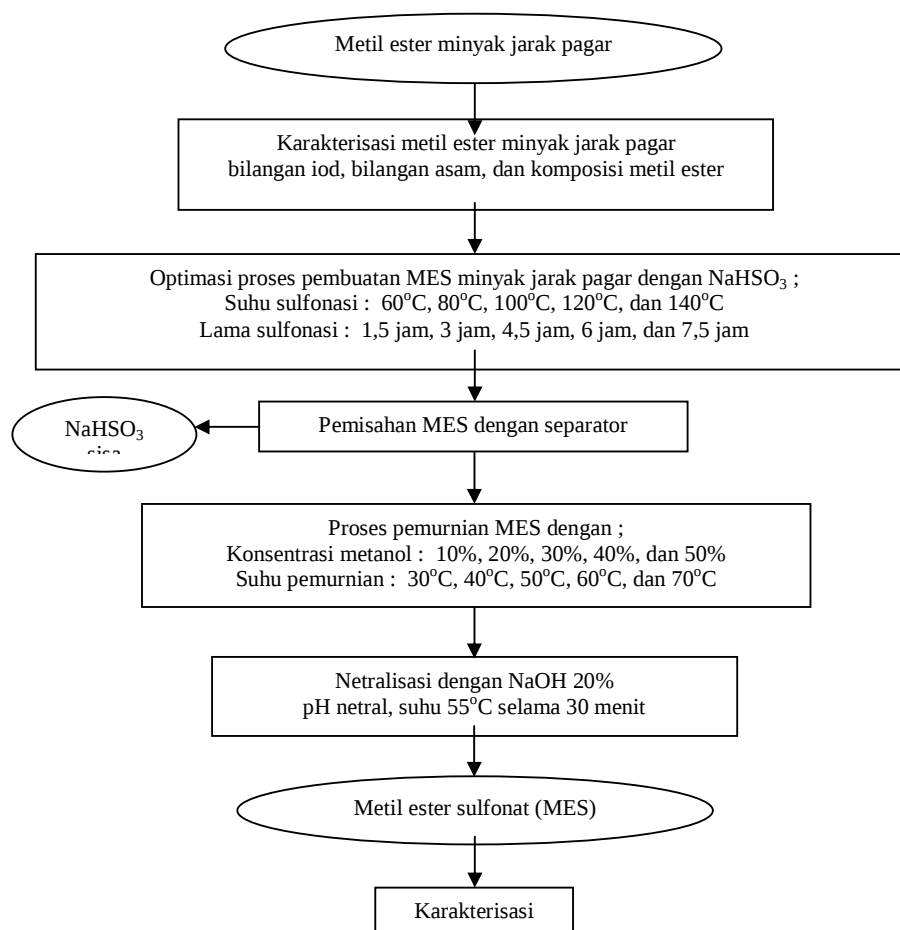
Pengolahan data yang dihasilkan menggunakan metode permukaan respon dalam perangkat lunak Minitab 14. Metode permukaan respon/response surface methodology (RSM) adalah sekumpulan metode matematika dan teknik statistika yang bertujuan membuat model dan

melakukan analisis mengenai respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel (Irawan dan Astuti, 2006).

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan, pemurnian, dan netralisasi MES dari metil ester minyak jarak pagar

Proses pembuatan, pemurnian, dan netralisasi MES dari metil ester minyak jarak pagar seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses produksi MES dari metil ester minyak jarak pagar dengan menggunakan NaHSO_3

Sumber : Hidayati (2006), yang telah dimodifikasi

Tahapan penelitian

Penelitian optimasi proses pembuatan metil ester sulfonat (MES) dari minyak jarak pagar dan pengamatan variabel sifat fisik dan kimia meliputi; Karakterisasi metil ester minyak jarak pagar. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat kimia metil ester minyak jarak pagar. Sifat kimia yang diuji terdiri dari bilangan iod (AOAC, 1995), bilangan asam (AOAC, 1995), dan komposisi metil ester (kromatografi gas), kemudian dilakukan optimasi kondisi proses pembuatan MES dari metil ester minyak jarak pagar. Optimasi untuk mengetahui kondisi proses pembuatan MES yang optimum untuk mendapatkan MES dengan nilai IFT paling rendah. Kondisi proses meliputi suhu dan

lama reaksi sulfonasi serta konsentrasi metanol dan suhu pemurnian. Pengujian nilai IFT dari MES minyak jarak pagar menggunakan spinning drop tensiometer (Gardener dan Hayes, 1983) dan pengujian absorbansi sulfonat menggunakan spektrometer UV-Visible ASTM D (1768-89).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku

Hasil pengujian sifat kimia bilangan asam metil ester minyak jarak pagar diperoleh nilai sebesar 0,6543 mg KOH/g dan bilangan iod sebesar 98,841 g/100g. Hasil karakterisasi metil ester minyak jarak pagar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi sifat kimia metil ester dari minyak jarak pagar

Spesifikasi	Satuan	Metode uji	Hasil pengukuran
Bilangan asam	mg KOH/g	AOAC (1995)	0,6543
Bilangan iod	g/100 g	AOAC (1995)	98,841

Nilai tersebut telah memenuhi standar mutu metil ester Indonesia yaitu bilangan asam/angka asam maks 0,8 mg KOH/g dan bilangan iod/angka iodium maks 115 g-12/100g. Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, sedangkan besarnya jumlah iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh (Ketaren, 1986). Semakin tinggi bilangan asam suatu minyak menunjukkan bahwa minyak tersebut telah mengalami kerusakan dimana

trigliserida minyak terdegradasi membentuk asam lemak bebas dan semakin tinggi angka iod yang diperoleh maka ikatan tidak jenuh atau ikatan rangkap pada minyak semakin banyak (Tim Departemen Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2005). Kandungan asam lemak metil ester minyak jarak pagar diukur menggunakan Gas Kromatografi (GC). Komposisi kimia metil ester minyak jarak pagar hasil pengukuran dengan GC dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia metil ester dari minyak jarak pagar

Jenis asam lemak	Satuan	Hasil pengukuran
Metil laurat	%	0,024
Metil miristat	%	0,066
Metil palmitat	%	14,6
Metil stearat	%	0,146
Metil oleat	%	77,052
Metil linoleat	%	0,095

Hasil pengukuran metil ester dari minyak jarak pagar menggunakan GC menunjukkan komponen metil ester yang dominan adalah metil oleat (77,052 %) yang memiliki satu ikatan rangkap, metil linoleat (0,095 %) yang memiliki dua ikatan rangkap, dan metil palmitat (14,6 %) tanpa ikatan rangkap. Komposisi metil ester minyak jarak yang lebih banyak mengandung metil oleat dengan C_{18} diharapkan memudahkan reaksi sulfonasi. Adanya ikatan rangkap tersebut akan memudahkan dalam proses adisi gugus sulfonat pada proses sulfonasi (Hidayati, 2006).

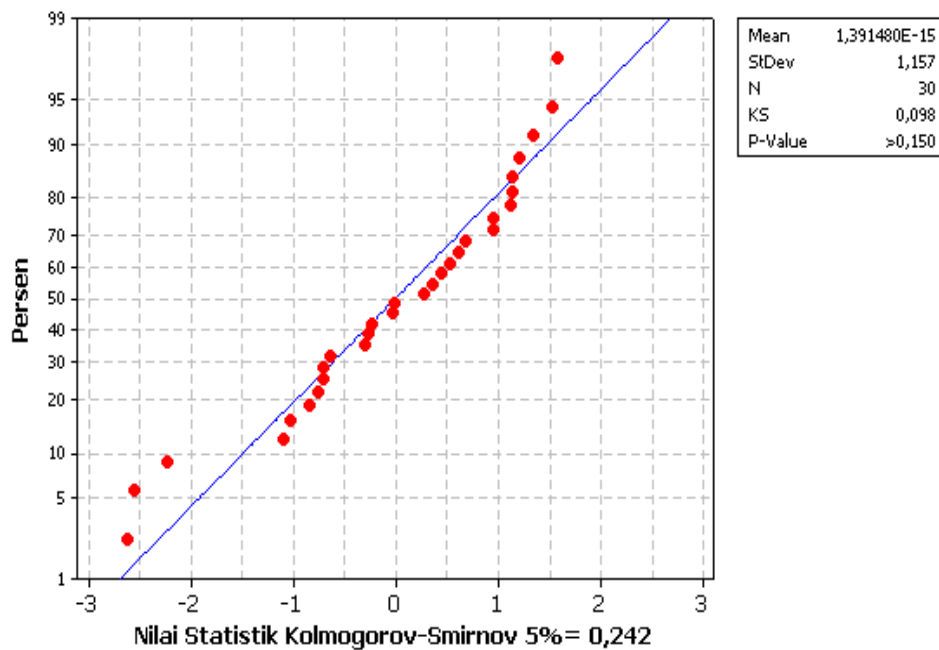
Optimasi Proses Pembuatan MES dari Metil Ester Minyak Jarak Pagar Terhadap Nilai IFT

Hasil pada rancangan faktorial dan titik pusat menunjukkan respon nilai IFT yang dihasilkan dari proses sulfonasi metil ester dari minyak jarak pagar berkisar 0,3 – 5,3 dyne/cm. Nilai tersebut diperoleh dari pengukuran IFT antara air dan minyak bumi yang ditambah dengan MES dari minyak jarak pagar. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi metanol (X_3), berpengaruh nyata terhadap nilai IFT MES dari minyak jarak pagar, sedangkan suhu sulfonasi (X_1), lama sulfonasi (X_2), dan suhu pemurnian (X_4) tidak berbeda. Konsentrasi metanol berpengaruh terhadap IFT diduga karena metanol dapat berfungsi

mengurangi hasil samping reaksi yang berupa garam disodium karboksi sulfonat (*di-salt*). Konsentrasi metanol tersebut mempunyai pengaruh yang positif terhadap peningkatan nilai IFT.

Menurut Pore (1993), semakin tinggi konsentrasi metanol akan mengakibatkan semakin banyak reaktan $NaHSO_3$ yang bereaksi dengan metil ester membentuk hasil reaksi sampingan seperti peroksida yang tidak berfungsi sebagai penurun IFT. Nilai IFT pada penelitian ini tidak dipengaruhi secara nyata oleh suhu sulfonasi, lama sulfonasi, dan suhu pemurnian. Hal ini diduga karena proses sulfonasi memerlukan suhu sulfonasi, lama sulfonasi, dan suhu pemurnian yang tinggi tanpa penambahan katalis. Pore (1993) menyatakan bahwa lama reaksi sulfonasi dengan menggunakan reaktan $NaHSO_3$ berkisar 3-6 jam bahkan dapat berlangsung lebih lama tanpa penggunaan katalis.

Uji *lack of fit* untuk menguji kecukupan model menunjukkan bahwa $P_{value} = 0,857 > \alpha = 0,05$, berarti model yang dibuat dapat mewakili data nilai IFT MES minyak jarak pagar. Untuk melengkapi pemeriksaan kecukupan model dilakukan analisis residual model. Nilai statistik Kolmogorov-Smirnov (KS) = 0,098 kurang dari nilai pada tabel KS 5% = 0,242 dan $P_{value} = > 0,150 > \alpha = 0,05$ maka model regresi telah sesuai karena data yang diperoleh mengikuti distribusi normal (Gambar 2).



Gambar 2. Plot distribusi normal model regresi linier untuk respon IFT MES dari metil ester minyak jarak pagar

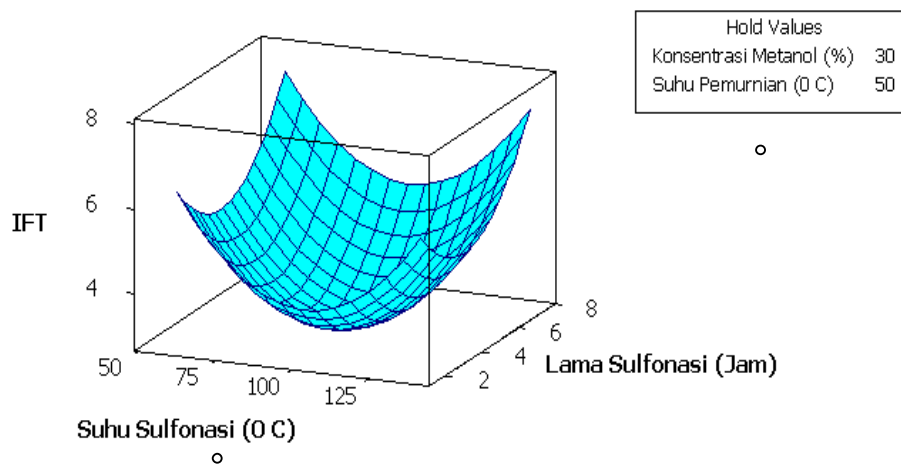
Berdasarkan tabel estimasi koefisien regresi maka persamaan model kuadratik untuk nilai IFT MES minyak jarak pagar adalah:

$$\begin{aligned}
 Y = & 3,011830 - 0,073930X_1 + \\
 & 0,314951X_2 + 0,977467X_3 - \\
 & 0,375935X_4 + 0,010864X_1X_2 - \\
 & 0,043554X_1X_3 - 0,014282X_1X_4 - \\
 & 0,472097X_2X_3 - 0,472097X_2X_4 + \\
 & 0,544627X_3X_4 + 0,550213X_1X_1 + \\
 & 0,402484X_2X_2 - 0,574791X_3X_3 - \\
 & 0,545751X_4X_4
 \end{aligned}$$

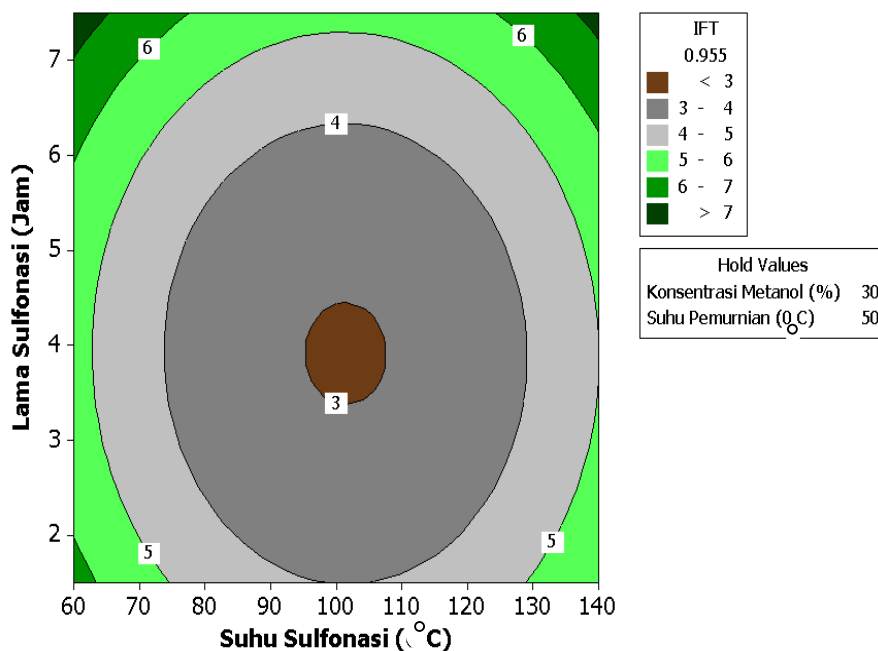
Analisis deskriptif grafik pada permukaan respon sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa nilai IFT akan meningkat apabila suhu sulfonasi semakin tinggi di atas 110°C dan lama sulfonasi lebih dari 5 jam (Gambar 3). Hal tersebut diduga karena semakin tinggi suhu dan lama sulfonasi akan meningkatkan

pembentukan *di-salt* (Hovda, 2004; Sheats *et al.* 2002).

Keberadaan *di-salt* akan menurunkan kelarutan MES dalam air dingin dan bersifat lebih sensitif terhadap air sadah, serta memiliki daya detergensi 50% lebih rendah sehingga dapat menurunkan kinerja MES terutama dalam kemampuan menurunkan tegangan antarmuka (Hidayati, 2006). Sedangkan analisis deskriptif grafik pada kontur respon sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa titik optimum nilai IFT berada di bawah 3 dyne/cm pada suhu sulfonasi berkisar 102°C dan lama sulfonasi berkisar 3,9 jam (Gambar 4). Hal ini didukung oleh data penelitian nilai absorbansi yang menunjukkan pada kisaran tersebut menghasilkan nilai berkisar 0,3. Penelitian Edison (2009) menunjukkan bahwa pada kisaran perlakuan tersebut menghasilkan nilai tegangan permukaan MES paling rendah yaitu di bawah 30 dyne/cm dan nilai stabilitas emulsi 45%.



Gambar 3. Permukaan respon nilai IFT sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar



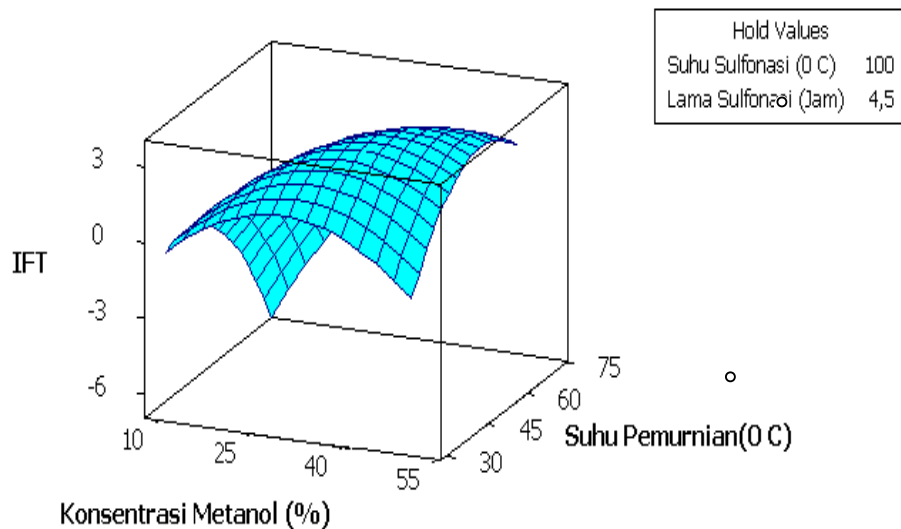
Gambar 4. Kontur respon nilai IFT sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar

Analisis deskriptif grafik pada permukaan respon sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metanol lebih dari 50% dengan suhu pemurnian lebih dari 33°C akan

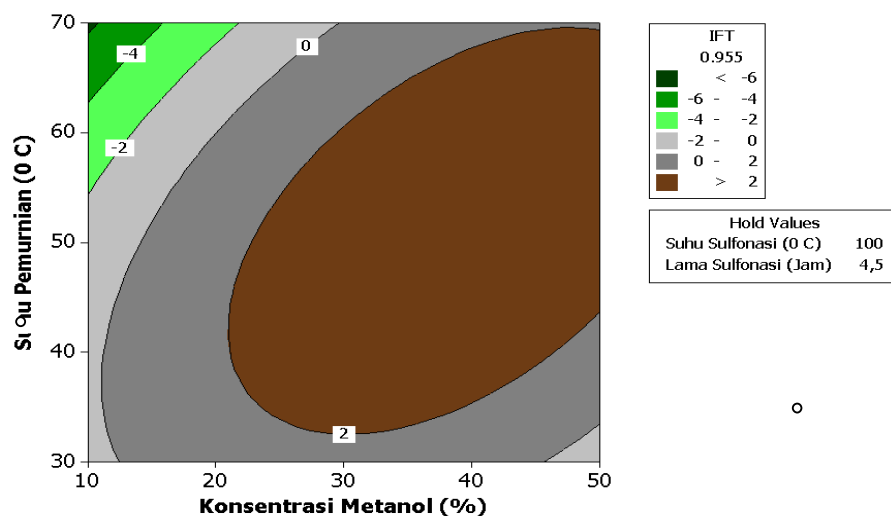
menyebabkan nilai IFT menjadi besar (Gambar 5). Hal ini diduga meningkatnya suhu pemurnian akan mempercepat reaksi yang terjadi. Menurut Hovda (2004), peningkatan konsentrasi metanol akan menurunkan pembentukan di-salt, tetapi efek tersebut menjadi berkurang dengan

meningkatnya suhu pemurnian. Peningkatan suhu pemurnian dan konsentrasi metanol dapat mempercepat reaksi pembentukan garam yang tidak larut air sehingga menurunkan kinerja MES (Hidayati, 2006). Peningkatan konsentrasi metanol dan suhu pemurnian akan meningkatkan bilangan asam yang merupakan prekursor pembentukan sulfon. Pembentukan sulfon yang tinggi menyebabkan kelarutan dari surfaktan menjadi rendah sehingga menurunkan

kinerja surfaktan sebagai *surface active agent* yang mengakibatkan peningkatan nilai IFT dan tegangan permukaan (Moreno *et al.*, 1988). Sedangkan analisis deskriptif grafik pada kontur respon sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa titik optimum nilai IFT terjadi pada konsentrasi metanol berkisar 38% dan suhu pemurnian 50°C (Gambar 6).



Gambar 5. Permukaan respon nilai IFT sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar



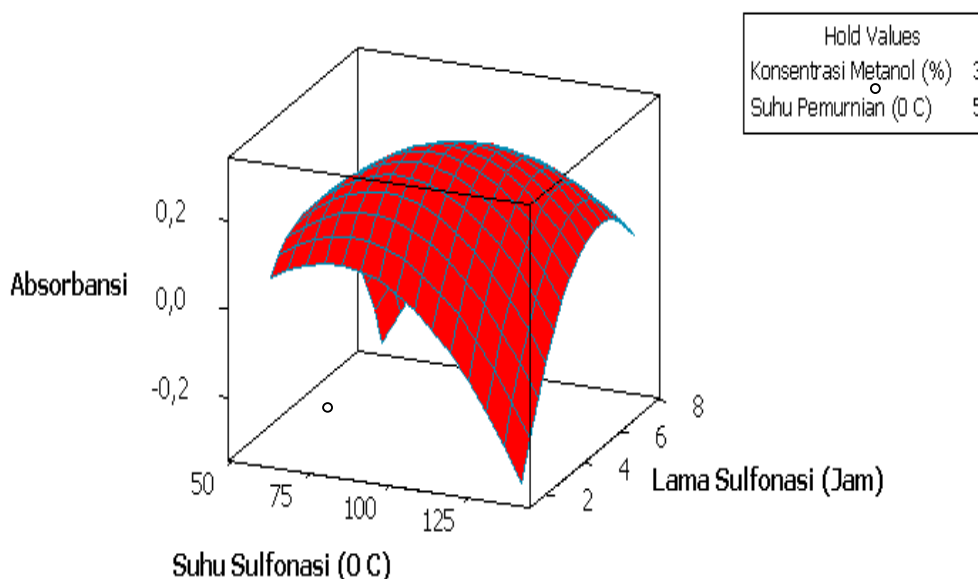
Gambar 6. Kontur respon nilai IFT sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar

Pengaruh Suhu Sulfonasi, Lama Sulfonasi, Konsentrasi Metanol, dan Suhu Pemurnian Terhadap Absorbansi pada MES dari Metil Ester Minyak Jarak Pagar

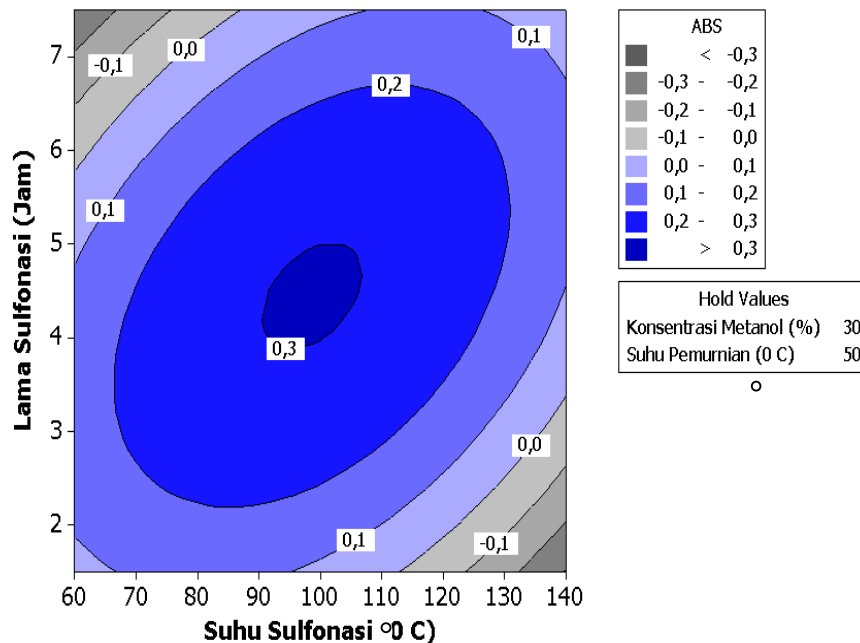
Pengukuran absorbansi kandungan sulfonat MES dari metil ester minyak jarak pagar dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-visible. Absorbansi yang dihasilkan oleh proses sulfonasi metil ester dari minyak jarak pagar pada penelitian ini berkisar 0,0048 – 0,3. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu sulfonasi (X_1), lama sulfonasi (X_2), konsentrasi metanol (X_3), dan suhu

pemurnian (X_4) berpengaruh nyata terhadap absorbansi MES minyak jarak pagar.

Analisis deskriptif grafik pada permukaan respon sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa penurunan absorbansi MES minyak jarak pagar terjadi pada suhu di atas 110°C dan lama sulfonasi lebih dari 5 jam (Gambar 7). Sedangkan analisis deskriptif grafik pada kontur respon sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa titik optimum absorbansi terjadi pada kisaran suhu 98°C dan lama sulfonasi 4,5 jam (Gambar 8).



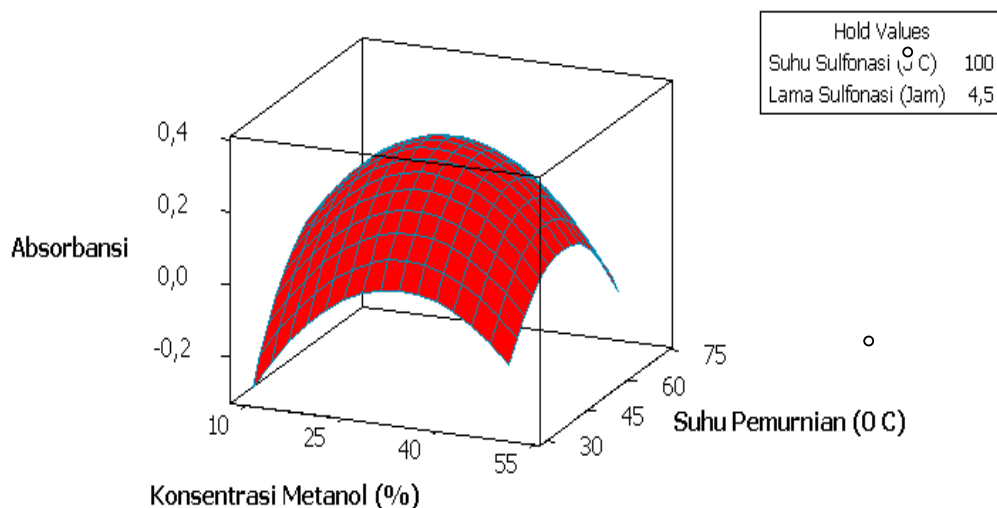
Gambar 7. Permukaan respon absorbansi sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar



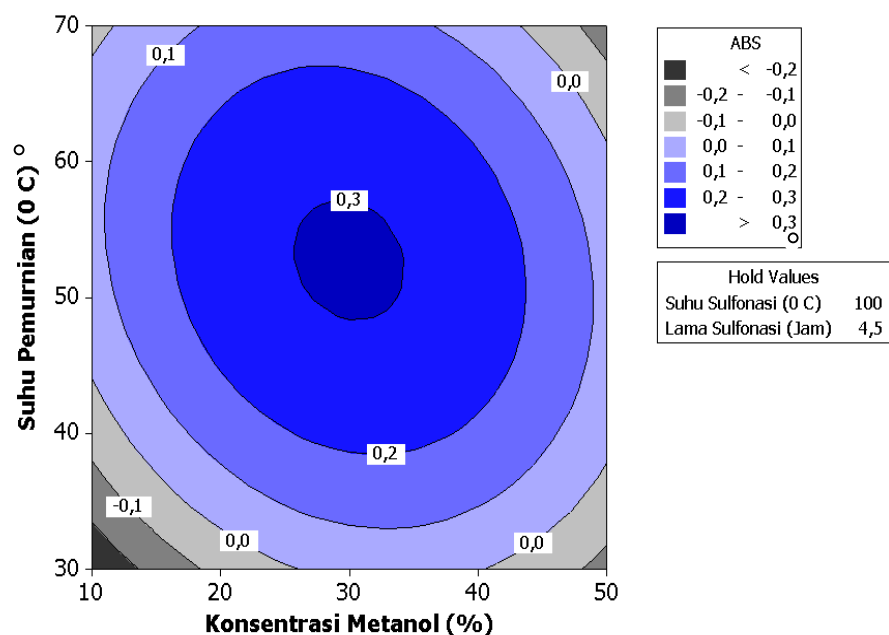
Gambar 8. Kontur respon absorbansi sebagai fungsi dari suhu sulfonasi dan lama sulfonasi pada MES dari metil ester minyak jarak pagar

Analisis deskriptif grafik pada permukaan respon sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi metanol di atas 40% dan penurunan di bawah 30% dengan kenaikan suhu pemurnian di atas 60°C dan penurunan di bawah 50°C akan menurunkan nilai

absorbansi MES minyak jarak pagar (Gambar 9). Sedangkan analisis deskriptif grafik pada kontur respon sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar menunjukkan bahwa titik optimum absorbansi MES terjadi pada kisaran konsentrasi metanol 30% dan suhu pemurnian 53°C (Gambar 10).



Gambar 9. Permukaan respon absorbansi sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan



Gambar 10. Kontur respon absorbansi sebagai fungsi dari konsentrasi metanol dan suhu pemurnian pada MES dari metil ester minyak jarak pagar

Peningkatan nilai absorbansi MES minyak jarak pagar dipengaruhi oleh peningkatan suhu dan lama sulfonasi, karena diduga peningkatan suhu dan lama sulfonasi mengakibatkan reaksi tumbukan antar partikel NaHSO_3 dengan metil ester semakin cepat dan semakin tinggi gugus sulfonat yang diperoleh sehingga meningkatkan kandungan sulfonat MES minyak jarak pagar. Menurut Petrucci (1992) laju reaksi berkaitan erat dengan reaksi kimia dari suatu zat dalam membentuk hasil reaksi. Reaksi kimia terjadi akibat tumbukan antara molekul dari zat yang bereaksi. Untuk menghasilkan tumbukan, perlu energi kinetik yang lebih besar dibandingkan dengan energi aktivasi.

Peningkatan fraksi molekul yang memiliki energi kinetik melebihi energi aktivasi dilakukan dengan meningkatkan suhu. Peningkatan fraksi molekul yang teraktifkan akan menyebabkan

meningkatnya laju reaksi pada pembentukan gugus sulfonat. Semakin tinggi nilai absorbansi yang diuji menggunakan spektrofotometer UV-Visible menunjukkan semakin banyak jumlah gugus sulfonat yang terbentuk yang ditandai juga dengan penurunan bilangan iod yang menunjukkan adanya reaksi adisi oleh gugus sulfonat (Hidayati, 2006 ; Edison, 2009). Sherry *et al.*, (1995) menyatakan bahwa suhu yang terbaik untuk menghasilkan MES hasil sulfonasi dengan menggunakan gas SO_3 adalah 90°C .

Penggunaan NaHSO_3 sifatnya tidak sereaktif gas SO_3 sehingga memerlukan suhu yang lebih tinggi untuk meningkatkan kandungan sulfonat. Suhu pemurnian memberikan respon negatif di mana peningkatan suhu pemurnian akan menurunkan kandungan sulfonat karena terjadinya proses hidrolisis pada pembentukan MES (Hovda, 2004).

KESIMPULAN

Hasil optimasi proses pembuatan MES berbahan baku metil ester dari minyak jarak pagar menunjukkan bahwa kondisi kombinasi perlakuan optimum dengan menggunakan hasil analisis metode permukaan respon terhadap nilai tegangan antarmuka (IFT) terjadi pada suhu sulfonasi (X_1) 102°C, lama sulfonasi (X_2) 3,9 jam, konsentrasi metanol (X_3) 38%, dan suhu pemurnian 50°C (X_4) dengan titik stasioner nilai IFT pada 3,418457 dyne/cm. Karakteristik MES berbahan baku metil ester dari minyak jarak pagar pada kondisi optimum menghasilkan nilai absorbansi 0,3 dan stabilitas emulsi 45%.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. AOAC. Washington.
- ASTM. 2001. *Annual Book of ASTM Standards: Soap and Other Detergents, Polishes, Leather, Resilient Floor Covering*. Baltimore USA. 880 hlm.
- Edison, R. 2009. *Optimasi pembuatan surfaktan metil ester sulfonat (MES) dari minyak jarak pagar (Jatropha Curcas L)*. (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 134 hlm.
- Gardener, J.E dan M.E Hayes. 1983. *Spining Drop Interfacial Tensiometer Instruction Manual*. Departement of Chemistry, University of Texas. Texas.
- Hidayati, S. 2006. *Perancangan proses produksi metil ester sulfonat dari minyak kelapa sawit dan uji efektivitasnya pada pendesakan minyak bumi*. (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 181 hlm.
- Hovda, K. 2004. *The Challenge of methyl ester sulfonates*. (terhubung berkala). Diakses 18 Mei 2008. <http://www.chemithon.com>
- Irawan, N dan S. P. Astuti. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. C.V Andi Offset. Yogyakarta. 469 hlm.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta. 327 hlm.
- Moreno, J.B, J. Bravo dan J.L Berna. 1988. Influence of sulfonated material and its sulfone content on the physical of linier alkyl benzene sulfonates. *J. Am Oil Chem Soc*, Vol. 65 (6): 1000-1006.
- Petrucchi, R.H. 1992. *Kimia Dasar: Prinsip dan Terapan Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Pore, J. 1993. *Oil and Fat Manual*. Intercept Ltd. New York.
- Priyanto, U. 2007. *Menghasilkan Biodiesel Jarak Pagar Berkualitas*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 52 hlm.
- Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi IPB. 2007. Surfaktan dan bioenergi. Bogor. Pemutakhiran Terakhir (Jumat, 15 Juni 2007). Diakses 24 Juni 2008. <http://www.PusatPenelitianSurfaktanandBioenergiIPB.com>
- Sheats, W.B dan B.W Mac Arthur. 2002. Methyl ester sulfonate products. [terhubung berkala]. Diakses 03 Agustus 2008. <http://www.chemithon.com>
- 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). Hlm 835-841.
- Tim Departemen Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara. 2005. *Proses pembuatan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif*. (Laporan Penelitian). USU Medan. Medan. Hlm 34-36.