

Pengaruh Rasio Mol Metil Ester : NaHSO₃ Pada Proses Sulfonasi Minyak Jelantah Terhadap Kualitas Metil Ester Sulfonat

Nur Asma Deli¹, Sri Wahyuni²

^{1,2} Jurusan Program Studi Teknik Pengolahan Sawit Politeknik Kampar
Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang INDONESIA

¹nur_asma@poltek-kampar.ac.id, ²yuni2023@poltek-kampar.ac.id

Intisari— Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan surfaktan atau bahan aktif permukaan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan suatu cairan. MES adalah surfaktan anionik yang dapat diproduksi dari minyak nabati dan banyak diperlukan di industri, khususnya industri deterjen. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum proses serta mengetahui karakteristik surfaktan MES yang dihasilkan dari sulfonasi metil ester minyak jelantah dengan agen NaHSO₃. Pembuatan metil ester dilakukan dengan dua tahap reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan metanol sebagai sumber alkohol dengan H₂SO₄ sebagai katalis asam dan NaOH sebagai katalis basa. Sulfonasi diselenggarakan pada temperatur 65^oC, rasio metil ester:NaHSO₃ 1:1,2; 1:1,3; 1:1,4; 1:1,5 dan 1:1,6 dengan waktu reaksi 4,5 jam. Hasil terbaik diperoleh dari perlakuan rasio mol metil ester dengan NaHSO₃ 1:1,6 dengan karakteristik MES yang dihasilkan memiliki bilangan asam 3,61 mgKOH/gr, densitas 0,9159 gr/ml dan absorpsi sulfonat 1,894 nm

Kata kunci— Minyak Jelantah, Metil Ester, Surfaktan, Metil Ester Sulfonat.

Abstract— Methyl Ester Sulfonate (MES) is a surfactant or surface active ingredient that functions to reduce the surface tension of a liquid. MES is an anionic surfactant that can be produced from vegetable oil and is widely needed in industry, particularly in the detergent industry. This study aims to obtain the optimum process conditions and to determine the characteristics of the MES surfactant produced from the sulfonation of used cooking oil methyl esters with NaHSO₃ agent. The preparation of methyl esters was carried out in two stages of esterification and transesterification reactions using methanol as a source of alcohol with H₂SO₄ as an acid catalyst and NaOH as a base catalyst. Sulfonation was carried out at a temperature of 65^oC, the ratio of methyl ester:NaHSO₃ 1:1.2; 1:1.3; 1:1.4; 1:1.5 and 1:1.6 with a reaction time of 4.5 hours. The best results were obtained from the treatment of the mole ratio of methyl ester with NaHSO₃ 1:1.6 with the resulting MES characteristics having an acid number of 3.61 mgKOH/gr, a density of 0.9159 gr/ml and a sulfonate absorbance of 1.894 nm

Kata kunci— Used Cooking Oil, Methyl Ester, Surfactant, Methyl Ester Sulfonate

I. PENDAHULUAN

Surfaktan merupakan senyawa aktif permukaan yang dapat diproduksi secara kimiawi maupun biokimiawi. Surfaktan merupakan molekul yang bersifat amfifilik dapat mengikat air dan sifat lipofilik dapat mengikat minyak.

Sebagian besar surfaktan diproduksi dari minyak bumi yang ketersediaannya semakin menurun karena tidak dapat diperbaharui, sehingga diperlukan bahan baku alternatif seperti jelantah (Hasan *et al*, 2012). Surfaktan berbasis minyak nabati memberikan beberapa keunggulan diantaranya bahan baku yang dapat diperbaharui, mudah terdegradasi dan bebas dari hidrokarbon aromatik sehingga ramah lingkungan (Rachmawati, 2014).

Hanum (2016) menyatakan dalam penelitiannya bahwa penggunaan minyak jelantah secara terus-menerus akan memicu penyakit kanker dan jantung. Limbah minyak jelantah dan sisa makanan berminyak merupakan salah satu contoh limbah yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu upaya pengelolaan limbah tersebut yaitu dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan MES. Penelitian pembuatan MES berbahan dasar minyak jelantah telah dilakukan Hidayati *dkk*. (2012)

dengan menggunakan H₂SO₄ sebagai agen sulfonasi dengan variasi konsentrasi dan lama waktu sulfonasi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi agen sulfonasi dan lama sulfonasi akan menurunkan tegangan permukaan yang diduga karena lama sulfonasi akan membentuk gugus sulfonat hasil reaksi metil ester dengan H₂SO₄ lebih banyak. Gugus sulfonat merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan dan antar muka.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan Metil Ester Sulfonat dari minyak jelantah dengan NaHSO₃ sebagai agen sulfonasi dengan melihat pengaruh rasio mol metil ester dan NaHSO₃ terhadap kualitas MES yang dihasilkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada proses transesterifikasi yaitu satu unit alat reaktor terdiri labu leher tiga sebagai wadah terjadinya reaksi, termometer sebagai alat ukur temperatur, hot plate dan magnetik stirer sebagai pemanas dan pengaduk, dan kondensor sebagai pendingin balik.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan metil ester yaitu, minyak jelantah sebagai bahan baku utama sebagai sumber trigliserida, metanol sebagai reaktan, H₂SO₄ sebagai katalis proses esterifikasi dan KOH sebagai katalis proses transesterifikasi dan NaHSO₃ sebagai agen sulfonasi.

B. Eksperimen

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian “Pembuatan Margarin Dengan Rasio Perbandingan Stearin Dengan Red Palm Oil“, mengacu pada penelitian Hasibuan dan Hardika (2015). Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu Pembuatan RPO, Pembuatan Margarin dan Analisa Mutu Margarin.

1) Karakterisasi Bahan Baku

Bahan baku minyak jelantah disaring dan dikarakterisasi untuk menentukan kadar air dan kadar asam lemak bebas. Penentuan kadar air dilakukan secara gravimetric dengan pemanasan pada 105^oC sampai berat konstan, sedangkan penentuan kadar asam lemak bebas dengan cara titrimetri menggunakan larutan natrium hidroksida (SNI 01-3555-1998)

2) Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak jelantah dengan metanol dan katalis H₂SO₄. Perbandingan jumlah mol metanol-minyak 4:1 dan katalis yang ditambahkan adalah dan 1.0% terhadap minyak. Proses esterifikasi dilangsungkan pada temperatur 65^oC selama 45 menit. Setelah waktu reaksi tercapai reaksi dihentikan dan campuran reaksi kemudian dipisah.

3) Transesterifikasi

Hasil dari esterifikasi dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan minyak sawit dengan metanol dan katalis NaOH. Perbandingan jumlah mol metanol-minyak 6:1 dan katalis yang ditambahkan adalah dan 1.0% terhadap minyak. Proses transesterifikasi dilangsungkan pada temperatur 65^oC selama 60 menit. Setelah waktu reaksi tercapai reaksi dihentikan dan campuran reaksi kemudian dipisahkan.

4) Sulfonasi

Metil ester hasil transesterifikasi dilanjutkan dengan proses sulfonasi untuk pembuatan MES. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan metil ester dengan agen sulfonasi sodium bisulfit dengan rasio mol metil ester : NaHSO₃ 1:1,2 , 1:1,3 , 1:1,4 , 1:1,5 , 1:1,6. Proses sulfonasi dilangsungkan pada temperature 100^oC selama 4,5 jam. Setelah waktu reaksi tercapai reaksi dihentikan dan campuran reaksi kemudian dipisahkan. MES yang dihasilkan di lanjutkan ke proses pemurnian dengan penambahan metanol (35% dari berat MES) dan dipanaskan pada temperatur 60^oC selama 90 menit. Selanjutnya dilakukan netralisasi dengan penambahan NaOH 20% hingga pH netral.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Minyak Jelantah

Karakterisasi minyak jelantah dilakukan untuk mengetahui kondisi awal bahan baku yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan metode untuk mengkonversi minyak jelantah menjadi metil ester. Parameter yang diuji meliputi kadar asam

lemak bebas dan kadar air. Hasil analisis karakteristik minyak jelantah dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I.

KARAKTERISTIK MINYAK JELANTAH

Parameter	Nilai
Kadar asam lemak bebas (%)	3,96
Kadar air (%)	0,41

Kadar air minyak jelantah memenuhi persyaratan untuk melangsungkan reaksi transesterifikasi, namun kadar asam lemak bebas masih cukup tinggi. Dengan demikian proses pembuatan metil ester dilakukan melalui dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Menurut Gerpen *et al.* (2004) kandungan air dalam bahan baku maksimal sebesar 1%. Adanya air dapat menyebabkan terjadinya hidrolisis minyak menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Ma dan Hanna (1999) menambahkan adanya kandungan air dan asam lemak bebas pada minyak dapat berpengaruh terhadap pembentukan sabun selama reaksi, menurunkan efisiensi katalis, meningkatkan viskositas, dan menyebabkan kesulitan dalam pemisahan gliserol.

B. Esterifikasi

Esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dengan cara mengkonversinya menjadi alkil ester. Hasil karakteristik minyak jelantah setelah esterifikasi dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II

MINYAK JELANTAH HASIL ESTERIFIKASI

Parameter	Nilai
Kadar asam lemak bebas (%)	1,40
Kadar air (%)	1,41

Pross esterifikasi mampu menurunkan kadar asam lemak bebas minyak jelantah dari 3,9% menjadi 1,40%. Kadar asam lemak bebas dapat turun karena konversi asam lemak bebas dengan alkohol sehingga menghasilkan senyawa alkil ester.

C. Transesterifikasi

Transesterifikasi bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi alkil ester dengan pelarut alcohol dan penambahan katalis basa. Reaksi ini terjadi secara bertahap, yaitu konversi trigliserida menjadi digliserida, kemudian digliserida menjadi monogliserida, dan terakhir monogliserida menjadi gliserol. Menghasilkan satu molekul metil ester dari setiap gliserida pada setiap tahap (Ehimen *et al.*, 2010). Karakteristik metil ester yang dihasilkan dari proses transesterifikasi ditampilkan dalam Tabel III.

TABEL III

KARAKTERISTIK METIK ESTER

Parameter	Nilai	
	Hasil Uji	SNI 04-7182-2006
Kadar air	0,72%	Maks 0,05%
Bilangan asam	0,48 mg KOH/g	Maks 0,8 mg KOH/g

Kadar air metil ester yang dihasilkan masih cukup tinggi, hal ini kemungkinan disebabkan saat pengeringan metil ester kurang sempurna sehingga masih terkandung sisa-sisa air dalam metil ester. Bilangan asam pada metil ester telah memenuhi SNI 04-7182-2006. Bilangan asam yang tinggi

pada metil ester dapat mempengaruhi kualitas produk MES ketika menurunkan tegangan antar muka.

D. Sulfonasi

Sulfonasi merupakan suatu reaksi substitusi elektrofilik dengan menggunakan agen sulfonasi yang bertujuan untuk mensubstitusi atom H dengan gugus SO_3H pada molekul organik melalui ikatan kimia pada atom karbonnya. Menurut Speight (2002), reaksi sulfonasi bersifat eksoterm tetapi tidak bersifat korosif. Adanya muatan negatif pada surfaktan mengindikasikan bahwa surfaktan tersebut adalah anionik.

Proses selanjutnya yaitu pemurniaan untuk menghilangkan garam dinatrium karboksi sulfonat (*di-salt*) yang merupakan pengotor pada produk MES. Dan menurut MacArthur *et al* (2002) keberadaan garam cenderung menurunkan kinerja MES secara keseluruhan dan membuat MES bewarna gelap akibat terbentuknya komponen warna. Pemurniaan untuk mengurangi terbentuknya garam dilakukan dengan cara menambahkan alkohol yaitu metanol (CH_3OH). Metanol dipilih karena sifatnya reaktif dan mengurangi terjadinya substitusi gugus metil pada struktur MES. Menurut Hovda (2002), selain mengurangi terbentuknya garam, alkohol akan mengikat air yang terdapat pada MES. Karena reaksi sulfonasi merupakan reaksi eksoterm, maka penambahan metanol memberikan keuntungan lain yaitu mampu meningkatkan pindah panas selama reaksi berlangsung (Purwanto, 2006). Setelah tahap pemurniaan selesai, sisa alkohol diuapkan dan disebut sebagai tahap penguapan alkohol.

Karena MES yang dihasilkan bersifat asam, maka perlu dilakukan penetralan. Netralisasi bertujuan untuk menghasilkan MES dengan pH dengan kisaran 6 – 8 sehingga menjadi produk yang stabil. Jika netralisasi tidak dilakukan maka MES menjadi kental dan cenderung memadat tanpa dipanaskan. MES dinetralkan dengan menggunakan NaOH karena memiliki sifat netralisasi yang baik, mudah didapatkan, dan harganya relatif murah.

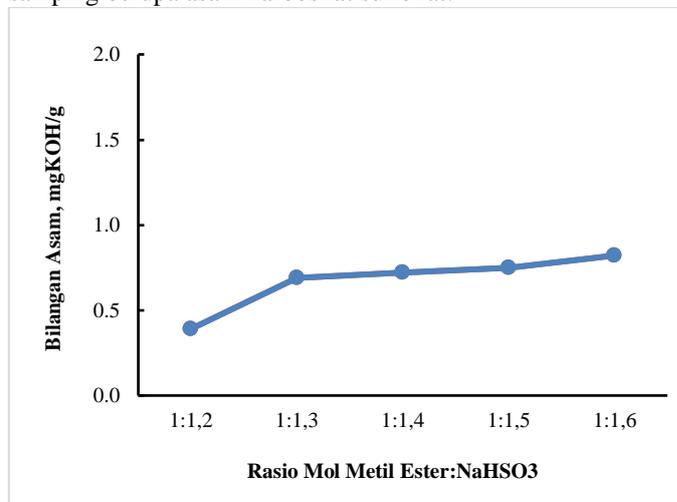
E. Kualitas MES

1) Bilangan Asam MES

Bilangan asam merupakan milligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram bahan. Grafik pengaruh rasio mol reaktan terhadap bilangan asam MES dapat dilihat pada Gambar 1.

Rasio mol reaktan berpengaruh terhadap bilangan asam MES. Bilangan asam mengalami kenaikan seiring dengan besarnya mol reaktan. Sehingga semakin besar rasio mol reaktan maka bilangan asamnya juga akan semakin tinggi. Ini terjadi karena kontak antara NaHSO_3 dengan metil ester yang semakin baik menyebabkan banyaknya gugus SO_3 yang diikat oleh metil ester dan melepaskan atom H sehingga menyebabkan produk MES bersifat asam (Jaksen *et al.*, 2020). Bilangan asam terendah didapat pada rasio mol 1:1,2 yaitu sebesar 0,39 mg KOH/g sampel sedangkan bilangan asam tertinggi didapat pada rasio mol 1:1,6 yaitu sebesar 3,71 mg KOH/g sampel. Bilangan asam merupakan prekursor pembentuk sulfon dimana semakin tinggi sulfon yang terbentuk maka akan menyebabkan kelarutan surfaktan

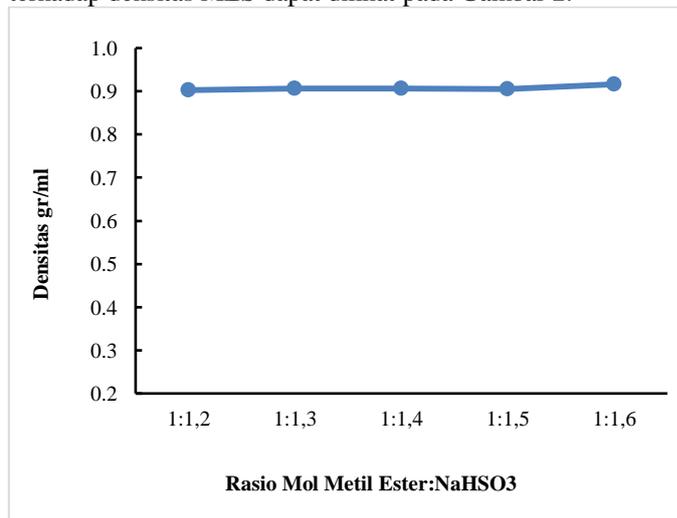
menjadi rendah sehingga menurunkan kinerja surfaktan sebagai *surface active agent* yang mengakibatkan peningkatan nilai IFT dan tegangan permukaan (Moreno *et al.*, 1988). Klatatiana *et al* (2016) menambahkan bahwa MES yang bersifat asam akan mengganggu kinerja MES sebagai Oil Well Stimulation Agent (OWSA) yang disebabkan reaksi hidrolisis sebagian kecil metil ester menjadi asam-asam lemaknya, karena adanya H_2O yang menghasilkan produk samping berupa asam karboksilat sulfonat.



Gambar 1. Pengaruh Rasio Mol Reaktan Terhadap Bilangan Asam MES

2) Densitas MES

Densitas merupakan salah satu sifat fluida yang didefinisikan massa per satuan volume. Grafik pengaruh rasio mol reaktan terhadap densitas MES dapat dilihat pada Gambar 2.



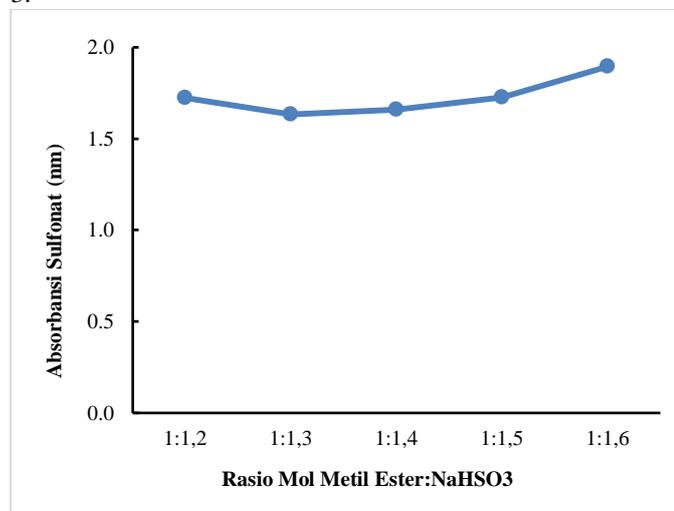
Gambar 2. Pengaruh Rasio Mol Reaktan Terhadap Densitas MES

Gambar 2. membuktikan bahwa rasio mol reaktan berpengaruh terhadap densitas mol MES. Semakin besar rasio mol reaktan maka densitas MES juga akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan terikatnya NaHSO_3 pada metil ester semakin banyak sehingga bobot molekul meningkat. Menurut MacArthur *et al* (1998) reaksi yang terjadi antara NaHSO_3 dengan metil ester membentuk senyawa intermediet berupa senyawa anhidrat. Senyawa ini tidak diinginkan pada saat sulfonasi. Tetapi dalam keadaan reaksi setimbang maka

senyawa tersebut dapat mengaktifkan gugus alfa karbon metil ester sehingga membentuk senyawa MES. Penambahan jumlah gugus sulfonat (SO_3H) yang terbentuk juga akan menambah berat molekul senyawa dan meningkatkan nilai densitas.

3) Absorbansi Sulfonat

Absorbansi sulfonat. Grafik pengaruh rasio mol reaktan terhadap absorbansi sulfonat MES dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Rasio Mol Reaktan Terhadap Absorbansi Sulfonat Pada MES

Gambar 3. membuktikan bahwa rasio mol reaktan berpengaruh terhadap absorbansi sulfonat MES. Nilai absorbansi MES terendah didapat pada rasio mol 1:1,3 1,632 nm dan nilai absorbansi tertinggi didapat pada rasio mol 1:1,6 sebesar 1,894 nm. Semakin besar rasio mol reaktan maka absorbansi sulfonat MES juga akan semakin meningkat. Hal ini diduga karena semakin besar nilai absorbansi maka akan semakin cepat dan semakin tinggi gugus sulfonat yang dihasilkan sehingga meningkatkan kandungan gugus sulfonat dari MES. Menurut Petrucci (1992) laju reaksi berkaitan erat dengan reaksi kimia dari suatu zat dalam membentuk hasil reaksi. Reaksi kimia terjadi akibat tumbukan antar molekul dari zat yang bereaksi. Untuk menghasilkan tumbukan, perlu energi kinetik yang lebih besar dibandingkan dengan energi aktivasi. Peningkatan fraksi molekul yang teraktifkan akan menyebabkan meningkatkannya 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 dengan penurunan bilangan iod yang menunjukkan adanya reaksi adisi oleh gugus sulfonat. Gugus sulfonat merupakan senyawa aktif penurunan tegangan antar muka (IFT) dan tegangan permukaan serta mampu meningkatkan stabilitas emulsi. (Hidayati, 2006).

IV. KESIMPULAN

Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat Dimulai Dari Pembuatan Metil Ester Dengan Dua Tahap Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi. Karakteristik Metil Ester Yang

Dihasilkan Memiliki Kadar Air 0,72% Dan Bilangan Asam 0,48 Mgkoh/G. Proses Sulfonasi Terbaik Diperoleh Dari Perlakuan Rasio Mol Metil Ester : NaHSO3 1:1,6 Menghasilkan Mes Dengan Bilangan Asam 3,61 Mgkoh/Gr, Densitas 0,9159 Gr/ML Dan Nilai Absorbansi Sulfonat 1,894 nm.

REFERENSI

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. Biodiesel. SNI 04-7182-2006.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1998. *Standar Nasional Indonesia No. 01-3555-1998 tentang cara uji minyak dan lemak*. Jakarta. BSN.
- Ehimen EA, Sun ZF, Carrington CG. 2010. Variabel affecting the in situ transesterification of microalgae lipids. *Fuel* 89: 677-684.
- Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., 2004, Biodiesel Production Technology, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Hanum, Y. 2016. Dampak Bahaya Makanan Gorengan bagi Jantung. *Keluarga Sehat Sejahtera*, 14(28), 103-114.
- Hasan M. H., T.M.I. Mahlia., H. Nur. 2012. A Review on Energy Scenario and Sustainable Energy in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, hal. 2316- 2328.
- Hasibuan, H.A. dan A.P. Hardika. 2015. Formulasi margarin dan cokelat tabor berbahan minyak sawit dan minyak inti sawit menjadi produk olesan untuk roti tawar. *Warta IHP/ Journal of Agro-based Industry*. Vol 32 No. 2 Hal 45-50.
- Hidayati, S. 2006. Perancangan Proses Produksi Metil Ester Sulfonat dari Minyak Sawit Inti Sawit dan Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Hidayati, S., Gultom, N., Ani, H., 2012. Optimasi Produksi Metil Ester Sulfonat Dari Metil Ester Minyak Jelantah. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Lampung. *Reaktor*, Vol. 14 No. 2. Hal. 165-172.
- Hovda, K. 2002. *The Challenge of Methyl Ester Sulfonation*. The Chemition Corporation. Di dalam Purwanto S. 2006. Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dalam Formula Agen Pendesak Minyak Bumi. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Klatatiana I. A. S., Widodo W. G., Kusmartono B., 2016. Pengaruh Penggunaan Bahan Alternatif Metil Ester dari Minyak Jelantah Pada Sintesis Metil Ester Sulfonat (MES) Sebagai *Oil Well Stimulation Agent* (OWSA). Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND. Yogyakarta.
- Jaksen., Manggala A., Suci A. N., Hilmasari. J., Nur. S. A., Al W. K., 2020. Pengaruh Variasi Suhu, Rasio Mol Reaktan Dan Porsen Katalis Terhadap Metil Ester Sulfonat Menggunakan Reaktor Sulfonasi. *Jurnal Kinetika* Vol. 11, No. 01: 18-26. Program Studi

- Teknik Energi. Teknik Kimia. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Ma, F. and M.A.Hanna. 1999. Biodiesel production : A Review. *Bioresource Technology* 70: 77-82
- MacArthur W.B., B Brooks, W,B Sheats Dan N.C. Foster. 2002. *Meeting The Challenge of Methyl Sulphonate*. The Chemithon Corporation. Didalam Purwanto. S. 2006. Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dalam Formula Agen Pendesak Minyak Bumi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- MacArthur, W.B. WB Sheats, Dan NC Foster. 1998. *Meeting The Challenge of Methyl Sulphonate*. The Chemithon Corporation. USA. Didalam Sulastri, Y. 2010. Sintesis Metyl Ester Sulfonic Acid (MESA) dari Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Single Tube Falling Film Reactor. Tesis S.2. Intitut Pertanian Bogor
- Moreno, J.B, J. Bravo dan J.L Berna. 1988. Influence of Sulfonated Material and its Sulfone Content on the Physical Properties of Linier Alkyl Benzene Sulfonates. *J. am Oil Chem Soc*, Vol. 65 (6): 1000-1006
- Petrucci, R.H. 1992. *Kimia Dasar: Prinsip dan Terapan Modern*. Erlangga.
- Purwanto S. 2006. Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dalam Formula Agen Pendesak Minyak Bumi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rachmawati. 2014. Penentuan Orde dan Konstanta Reaksi Sulfonasi pada Pembuatan MES (Metil Ester Sulfonat) dari Biodiesel Berbasis Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis CaO. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang, Malang. Indonesia.
- Speight, J. G. 2002. *Chemical And Process Design Handbook*. McGraw-Hill. New York. Didalam Purwanto, S. 2006. Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dalam Formula Agen Pendesak Minyak Bumi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut pertanian Bogor. Bogor.