

Pengaruh Kondisi Operasi Reaksi Hidrogenasi Metil Laurat dengan Katalis Nikel untuk Pembuatan Surfaktan Oleokimia

Rita Arbianti, Tania Surya Utami, Heri Hermansyah, Desti Andani

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus UI Depok, Depok 16424

Telp. (021)7863516, Fax. (021)7863515

Email: arbianti@che.ui.edu; nana@che.ui.edu

Abstrak

Surfaktan berbahan baku oleokimia memiliki beberapa keunggulan, diantaranya bersifat terbarukan (*renewable resources*) dan secara alami mudah terdegradasi. Surfaktan ini dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku minyak kelapa murni dan melalui proses sebagai berikut: reaksi transesterifikasi untuk mengkonversi minyak menjadi metil ester; pemisahan metil laurat dari metil ester; reaksi hidrogenasi metil laurat menggunakan katalis Ni; reaksi sulfatasi dengan menambahkan H_2SO_4 ; serta netralisasi dengan NaOH. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kondisi optimum yang meliputi suhu reaksi, laju alir gas hidrogen, dan persen berat katalis pada reaksi hidrogenasi metil laurat menggunakan katalis Ni untuk menghasilkan senyawa yang akan diproses lebih lanjut menjadi surfaktan yang selanjutnya disebut sebagai SLS (*Sodium Lauril Sulfat*) analog (*SLS^a*). Pengujian terhadap produk hasil hidrogenasi dilakukan dengan mengukur kemampuan dalam menurunkan tegangan permukaan air serta menstabilkan emulsi minyak dalam air. Hasil penelitian menunjukkan kondisi operasi optimum reaksi hidrogenasi metil laurat terjadi pada suhu $270^\circ C$, laju alir gas H_2 1 ml/s, dan 30% berat katalis. Kemampuan SLS analog yang dihasilkan mampu menurunkan tegangan permukaan air hingga mencapai 44.5 mN/m dengan penambahan 25% berat surfaktan. Berdasarkan hasil uji stabilitas emulsi minyak dalam air, surfaktan yang dihasilkan mampu menstabilkan emulsi selama 1.235 detik.

Kata kunci: Hidrogenasi, metil laurat, minyak kelapa, surfaktan oleokimia dan titik leleh

Abstract

One major advantage of oleochemical surfactant is its renewable and degradable properties regarding environmental issue. This surfactant is made using coconut oil as raw material, the process are as follows: trans-esterification reaction to converse virgin coconut oil to methyl ester, followed by methyl laurate separation from methyl ester based on melting point difference, methyl laurate hydrogenation by using nickel catalyst, sulfatation reaction, adding H_2SO_4 , and neutralization by using NaOH. The goals of this research are to obtain the optimum reaction condition in aspects of several variables, such as temperature, hydrogen gas flow rate, and percent weight of catalyst in the hydrogenation reaction to produce substance as a based material for an analogue SLS surfactant. This research shows that the optimum operating conditions are $270^\circ C$ of temperature, 1 mL/s of H_2 gas flow rate, and 30% wt of catalyst. Testing of these surfactants are done by measuring their ability to reduce the surface tension of water and stabilize the oil in water emulsion. Its results show that adding 25 wt % of surfactants has surface tension of 44.5 mN/m. Based on the stabilizing emulsion test, surfactants can stabilize emulsion for 1.235 seconds.

Keywords: Coconut oil, hydrogenation, melting point, methyl laurate and oleochemical surfactant

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia, permintaan akan kebutuhan

sehari-hari dalam rumah tangga terus meningkat. Salah satu contoh dari kebutuhan dalam rumah tangga yang terus meningkat yaitu produk pembersih dengan

bahan dasar surfaktan yang berfungsi sebagai pengikat kotoran. Permasalahan lain yang timbul ialah sampai saat ini surfaktan berbahan baku *petroleum* (surfaktan petrokimia) masih mendominasi untuk memenuhi kebutuhan yang ada, sementara bahan baku tersebut tergolong sumber daya yang habis terpakai. Selain itu, terdapat kerugian dari jenis surfaktan ini, antara lain tidak ramah terhadap lingkungan karena bahannya yang sulit terurai. Oleh karena itu, perlu diusahakan optimalisasi dalam pembuatan surfaktan dengan menggunakan bahan baku alternatif lain yaitu bahan baku yang berasal dari sumber daya alam yang terbarukan dan ramah lingkungan.

Beberapa keunggulan surfaktan yang berasal dari bahan baku alami (surfaktan oleokimia), antara lain: dapat terdegradasi, biaya produksi lebih rendah, kebutuhan energi lebih rendah, bebas dari hidrokarbon aromatik, dan bebas kontaminan. Salah satu bahan baku alami yang dapat dijadikan bahan baku dalam pembuatan surfaktan adalah minyak kelapa. Sebagai negara kepulauan dan berada di daerah tropis, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa utama di dunia. Potensi seperti ini dapat memberi peluang Indonesia untuk mengembangkan usaha produksi surfaktan dari bahan baku minyak kelapa.

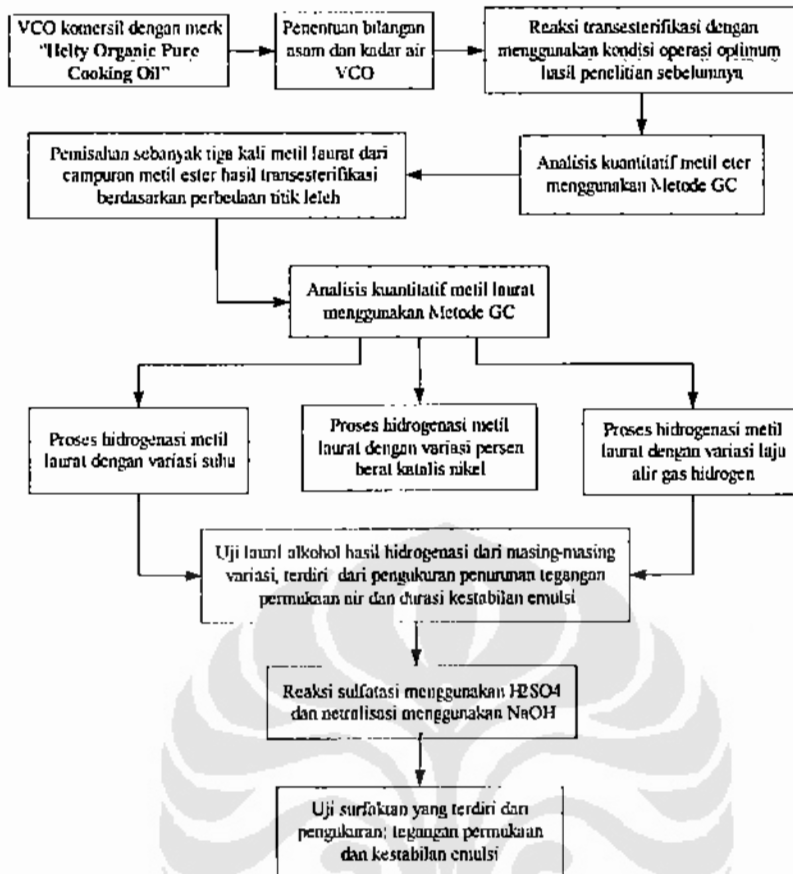
Buah kelapa memiliki kandungan minyak sebesar 65% hingga 72%. Di pasar dunia, minyak kelapa merupakan jenis minyak nabati dengan harga yang cukup mahal. Minyak kelapa yang diolah tanpa proses kimiawi dan tanpa pemanasan tinggi (batas suhu pemanasan 60 – 80°C) diberi nama VCO atau minyak kelapa murni yang tidak berwarna (bening) dan beraroma khas kelapa. Komponen dalam minyak kelapa ini adalah asam lemak jenuh, yaitu sekitar 90% dan asam lemak tak jenuh sekitar 10%. Tingginya kandungan asam lemak jenuh menjadikan minyak kelapa sebagai sumber *saturated fat*. Kandungan tertinggi dalam minyak kelapa adalah asam laurat yang memiliki rantai karbon 12 yang tergolong

dalam asam lemak rantai menengah atau *medium-chain fatty acid* (MCFA) [1].

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir berikut ini: Pada tahap awal penelitian dilakukan penentuan komposisi asam lemak dan kandungan asam lemak bebas dari minyak kelapa dengan analisis menggunakan GC. Selain itu juga dilakukan penentuan bilangan asam dan kadar air dari minyak kelapa tersebut. Reaksi transesterifikasi minyak kelapa berlangsung di dalam reaktor gelas berkepala tiga dengan kondisi reaksi berdasarkan pada hasil penelitian sebelumnya, yaitu suhu reaksi 60°C, waktu reaksi 1.5 jam, kecepatan pengadukan 120 rpm, rasio mol metanol/minyak 6:1, dan jumlah katalis Ni 2 % berat minyak [2]. Setelah didiamkan semalaman, gliserol yang terbentuk pada bagian bawah dikeluarkan. Kemudian metil ester (berada pada lapisan atas) dicuci. Selanjutnya dilakukan pemisahan metil laurat dari campuran metil ester berdasarkan perbedaan titik leleh. Proses pemisahan dilakukan di dalam *transfer box* dengan es sebagai pendingin, agar suhu metil ester selama proses pemisahan dapat lebih stabil. Proses pembekuan dan pelelehan dilakukan sebanyak tiga kali agar metil laurat yang masih tersisa setelah pemisahan sebelumnya dapat ikut terambil.

Tahapan berikutnya merupakan tahap yang penting dan diamati pada penelitian ini yaitu reaksi hidrogenasi metil laurat dengan katalis Ni. Reaksi hidrogenasi dilakukan dengan variasi suhu, laju alir gas hidrogen, serta persen berat katalis Ni. Proses diakhiri dengan reaksi sulfatasi dan netralisasi terhadap produk hasil hidrogenasi yang memiliki kemampuan terbaik. Pengujian terhadap produk dilakukan dengan mengukur penurunan tegangan permukaan air dengan menggunakan metode cincin, serta stabilitas emulsi akibat adanya penambahan surfaktan.

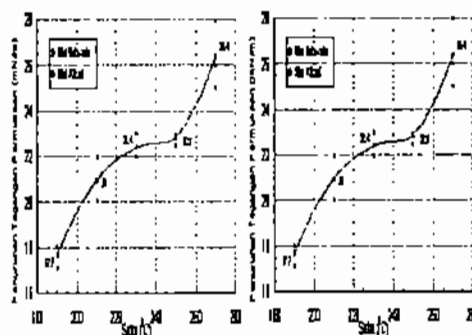


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini diamati pengaruh suhu terhadap kemampuan produk hidrogenasi dalam menurunkan tegangan permukaan air. Variasi suhu dilakukan pada rentang 190 – 270°C dengan interval 20°C. Batas atas dari rentang tersebut dipilih karena suhu 270°C sudah melewati titik didih metil laurat yaitu 266°C [3]. Jika suhu reaksi terlalu jauh melewati suhu tersebut maka dikhawatirkan akan terlalu banyak metil laurat yang terbuang bersama aliran keluaran gas hidrogen. Pengukuran tegangan permukaan air dilakukan dengan menggunakan tensiometer. Tegangan permukaan air tanpa penambahan surfaktan adalah sebesar 74 mN/m. Dengan penambahan surfaktan sebanyak 20% berat air [4], maka tegangan permukaan akan

turun menjadi 47.6 – 56.3 mN/m. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara suhu reaksi hidrogenasi dengan penurunan tegangan permukaan air.



Gambar 2. Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Kemampuan Produk Hidrogenasi Menurunkan Tegangan Permukaan Air

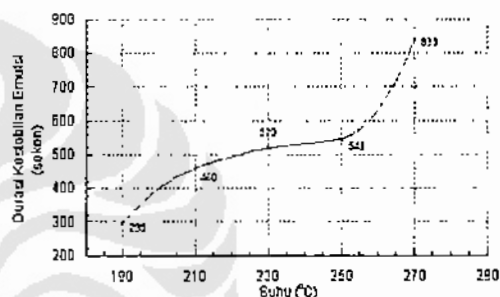
Dari grafik dapat dilihat bahwa pada suhu reaksi hidrogenasi 270°C tegangan permukaan air yang terukur paling kecil, atau dengan kata lain mengalami penurunan tegangan permukaan paling besar, yaitu 26.4 mN/m atau sebesar 35.67%. Reaksi hidrogenasi merupakan reaksi endotermis, yang membutuhkan suhu tinggi untuk dapat berlangsung. Hasil di atas menunjukkan bahwa suhu 270°C adalah suhu yang maksimum pada penelitian ini.

Tegangan permukaan air terjadi karena gaya kohesif antar molekul yang berada di permukaan. Molekul ini tidak memiliki molekul lain di atasnya sehingga molekul tersebut saling melekat lebih kuat dengan molekul yang ada di sekitarnya. Dengan adanya penambahan surfaktan, maka molekul-molekul surfaktan mengalami orientasi dan teradsorpsi pada permukaan larutan dengan bagian nonpolar (gugus hidrofobik) menghadap ke udara. Dengan demikian permukaan larutan tertutupi dengan gugus hidrofobik surfaktan. Semakin besar gaya kohesif antarmolekul di permukaan, maka akan semakin besar tegangan permukaan. Karena gaya kohesif antarmolekul hidrokarbon lebih kecil daripada air, maka tegangan permukaan larutan (yang permukaannya tertutupi oleh gugus hidrofobik dari surfaktan) juga lebih kecil daripada air. Oleh karena itulah, tegangan permukaan air menurun dengan penambahan surfaktan.

Selanjutnya dilakukan uji stabilitas emulsi melalui pengukuran durasi kestabilan dari emulsi minyak dalam air. Tanpa penambahan surfaktan, emulsi minyak dan air memerlukan waktu 3 menit 32 detik untuk kembali terpisah. Dengan penambahan 20% surfaktan, durasi yang dibutuhkan oleh emulsi untuk terpisah menjadi lebih panjang. Kemampuan menstabilkan emulsi dengan durasi paling panjang adalah sebesar 829 detik (13 menit 49 detik), yaitu untuk produk surfaktan yang dihasilkan pada suhu reaksi 270°C. Jadi dengan kata lain, surfaktan mampu

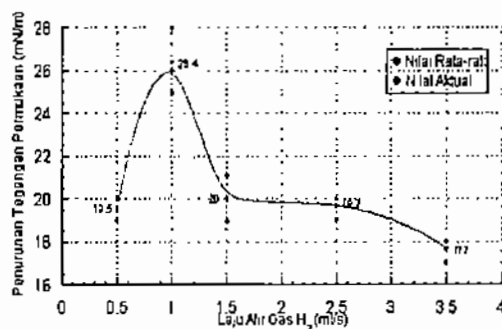
menambahkan durasi kestabilan emulsi sebesar 10 menit 27 detik (627 detik).

Nilai peningkatan stabilitas emulsi menunjukkan pola yang sama dengan penurunan tegangan permukaan air seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Semakin tinggi kemampuan menurunkan tegangan permukaan atau antarmuka maka peningkatan stabilitas emulsi akan semakin tinggi, sebaliknya semakin rendah kemampuan menurunkan tegangan permukaan atau antarmuka maka kemampuan meningkatkan emulsi akan semakin rendah pula.



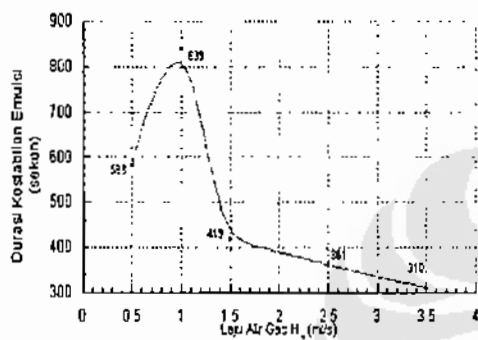
Gambar 3. Pengaruh Suhu terhadap Kemampuan Produk Hidrogenasi Menstabilkan Emulsi O/W

Pengaruh laju alir gas hidrogen pada reaksi hidrogenasi metil laurat terhadap kemampuan produk hidrogenasi dalam menurunkan tegangan permukaan air, ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut ini.



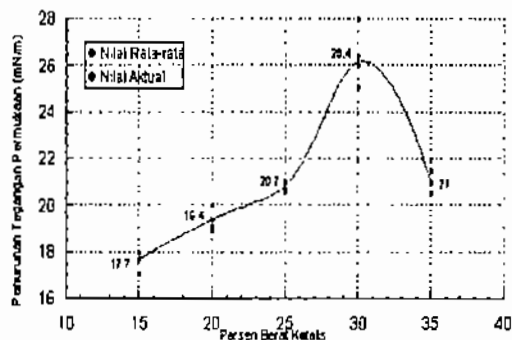
Gambar 4. Pengaruh Laju Alir Gas H₂ terhadap Kemampuan Produk Hidrogenasi menurunkan Tegangan Permukaan Air

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa kondisi optimum untuk laju alir hidrogen adalah sebesar 1 ml/s. Pada laju alir kurang dari 1 ml/s diperkirakan jumlah reaktan tidak cukup untuk bereaksi dengan metil laurat. Sementara pada laju lebih besar dari 1 ml/s, gas hidrogen tidak cukup lama berada di dalam reaktor sehingga reaksi tidak optimal. Hasil ini juga sebanding dengan kemampuan surfaktan dalam menjaga stabilitas emulsi minyak dan air yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.
Pengaruh Laju Alir Gas H₂ terhadap Kemampuan Produk Hidrogenasi Menstabilkan Emulsi O/W

Pengaruh persen berat katalis Ni pada reaksi hidrogenasi metil laurat terhadap kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air, ditunjukkan oleh Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6.
Pengaruh Persen Berat Katalis terhadap Kemampuan Produk Hidrogenasi menurunkan Tegangan Permukaan Air

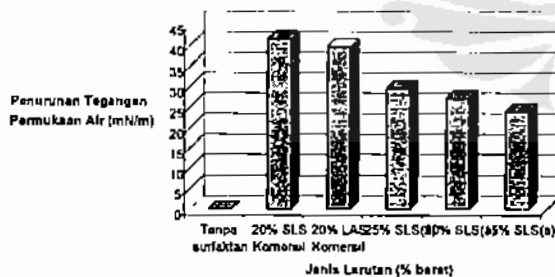
Gambar 6 di atas memperlihatkan pengaruh persen berat katalis Ni pada reaksi hidrogenasi terhadap kemampuan produk surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air. Peningkatan persen katalis sebesar 15% wt hingga 30% wt akan meningkatkan kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air. Namun kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan akan berkurang pada persen berat katalis 35% wt. Hal ini pun ditunjukkan pada pengujian durasi kestabilan emulsi O/W.

Penurunan kemampuan produk hidrogenasi pada persen berat katalis 35% berat dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah *fouling* yang merupakan salah satu penyebab katalis terdeaktivasi. Hal ini dikarenakan adanya partikulat lain seperti *coke* yang menutup pusat aktif katalis. Pusat aktif katalis merupakan bagian katalis yang berhubungan langsung dengan reaksi kimia karena disinilah terjadinya adsorpsi kimia yaitu tahap awal dari reaksi kimia. Pada reaktor hidrogenasi yang digunakan terjadi akumulasi karbon di tepi dasar reaktor yang sangat sulit dibersihkan. Kemungkinan pada suhu tinggi karbon yang menempel pada reaktor akan terlepas dan mengotori reaktan dan juga menutup pusat aktif katalis. Katalis nikel memiliki pusat aktif sebesar 20 – 30% dari total permukaan katalis [5]. Faktor kedua adalah tertutupnya pusat aktif katalis akibat penambahan katalis dalam reaktor yang berukuran sama dan juga faktor pengadukan yang dapat mengakibatkan penumpukan katalis sehingga pusat aktif katalis justru tertutup oleh permukaan katalis lain yang tidak aktif [5]. Hal ini akan mengurangi jumlah luas permukaan katalis yang seharusnya berperan dalam adsorpsi kimia molekul hidrogen dan juga senyawa hidrokarbon.

Surfaktan oleokimia yang akan dibuat pada penelitian kali ini termasuk dalam salah satu jenis Surfaktan FAS (*Fatty Alcohol Sulfonate*) yaitu *Sodium Lauryl*

Sulfate (SLS) analog. Produk hidrogenasi yang dihasilkan direaksikan dengan asam sulfat pekat dan dinetralkan dengan larutan NaOH, sehingga diharapkan dapat menghasilkan surfaktan yang memiliki kemampuan lebih baik untuk menurunkan tegangan permukaan dan menstabilkan emulsi O/W. Surfaktan yang diperoleh adalah fasa padat, yang dianggap sebagai surfaktan anionik. Kemampuan surfaktan diuji dengan pengukuran penurunan tegangan permukaan air dan durasi kestabilan emulsi O/W.

Uji tegangan permukaan dilakukan terhadap air, tanpa atau dengan penambahan surfaktan sebanyak 15%, 20% dan 25% berat surfaktan. Hal ini dikarenakan pada produk pembersih ditambahkan surfaktan sebesar 20 – 40% berat surfaktan yang dapat menurunkan tegangan permukaan air pada kisaran 30 – 50 mN/m. Hasil ini juga dibandingkan dengan penurunan tegangan permukaan air dengan penambahan 2 jenis surfaktan komersil yaitu SLS komersil dan LAS komersil. Hasil uji dapat dilihat pada Gambar 7.

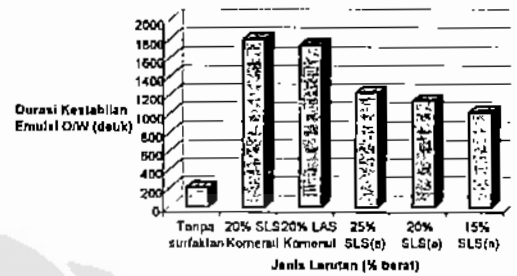


Gambar 7.

Perbandingan Kemampuan Tiap Jenis Surfaktan dalam Menurunkan Tegangan Permukaan Air

Untuk uji kestabilan emulsi, hasil yang diperoleh dengan penambahan surfaktan berada pada kisaran 1.025 detik (atau 17 menit 5 detik) – 1.235 detik (atau 20 menit 35 detik). Sementara dengan penambahan SLS komersil sebanyak 20% adalah 1.801

detik (atau 30 menit 1 detik) sedangkan LAS komersil kestabilan akan dicapai hingga waktu 1.683 detik (atau 28 menit 3 detik). Ini menunjukkan bahwa walaupun surfaktan yang dihasilkan belum memberikan kinerja sebaik surfaktan komersil, namun produk ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut.



Gambar 8.

Perbandingan Kemampuan Tiap Larutan Menstabilkan Emulsi O/W

Gugus hidrofilik akan berinteraksi dengan air sementara gugus hidrofobik (nonpolar) akan mengikat minyak. Semakin besar jumlah surfaktan yang ditambahkan dalam suatu emulsi maka akan semakin meningkat kestabilan emulsi. Hal ini dikarenakan semakin banyak gugus hidrofilik yang mengikat molekul air dan juga semakin bertambahnya gugus hidrofobik yang mengikat molekul minyak. Pada senyawa SLS yang berfungsi sebagai gugus hidrofilik adalah SO_3^- sementara gugus hidrofobik yang larut dengan minyak adalah rantai karbon alkil $C_{12}H_{25}$. Fungsi ion Na^+ pada senyawa SLS ini adalah memberi sifat kelarutan dalam air (*water solubility*) [6].

Dengan penambahan persen berat surfaktan yang sama tetapi jenis surfaktan berbeda menyebabkan durasi kestabilan emulsi pun berbeda. Faktor yang membedakan hal tersebut adalah nilai HLB yang berkaitan dengan kelarutan surfaktan tersebut dalam emulsi O/W. Dalam emulsi O/W dibutuhkan surfaktan yang memiliki nilai HLB pada kisaran 8 – 16 dan HLB SLS senilai 8.2 sementara LAS 6.1 [7].

Semakin tinggi nilai HLB maka akan semakin bersifat hidrofolik sehingga kelarutan dalam air akan meningkat.

4. Kesimpulan

1. Penurunan tegangan permukaan air dan durasi kestabilan emulsi paling maksimal dengan penambahan produk hidrogenasi sebesar 20% adalah pada saat suhu reaksi hidrogenasi 270°C, laju alir gas hidrogen 1 mL/dt dan persen berat katalis 30% wt metil laurat.
2. Surfaktan yang dihasilkan mampu menurunkan tegangan permukaan hingga 44.5 mN/m pada penambahan 25% surfaktan, dimana tegangan permukaan air tanpa penambahan surfaktan adalah 74 mN/m.
3. Surfaktan yang dihasilkan mampu menstabilkan emulsi O/W selama 1.235 detik, dimana emulsi O/W tanpa penambahan surfaktan adalah sebesar 212 detik. Hal ini berarti surfaktan yang dihasilkan dapat menaikkan kestabilan emulsi hampir lima kali lipat lebih lama.

Daftar Acuan

- [1] Gervajio Gregorio C., "Fatty Acids and Derivatives from Coconut Oil", Bailey's Industrial Oil and Fat Products, John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [2] N., Astri, "Pengaruh Kondisi Operasi Reaksi Transesterifikasi VCO terhadap Produk Metil Laurat dengan Metode Pemisahan Berdasarkan Perbedaan Titik Leleh", Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok, 2006.
- [3] Knothe, Gerhard, et al. *The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels*, <http://journeytoforever.org>, diakses 16 Maret, 2007.

- [4] Marlim, Ami Noerdhini, "Pengaruh Katalis NaOH terhadap Peningkatan Kualitas Metil Ester dan Gliserin yang berbasis Minyak Inti Kelapa Sawit", Program Studi Teknik Kimia FTUI, Depok, 2004.
- [5] Richardson, James T. *Principles of Catalyst Development*, New York: Plenum Press, 1989.
- [6] Cornils, Boy, et al. *Introduction to Surfactants*, http://media.wiley.com/product_data/excerpt, diakses 20 Februari, 2007.
- [7] Toreki, Rob. *The General Chemistry Demo Lab.*, <http://www.ilpi.com/genchem/demos/tension/>, diakses 2 Maret, 2008.