

PERBANDINGAN AKTIVITAS KATALIS NIKEL DAN KATALIS TEMBAGA PADA REAKSI HIDROGENASI METIL ESTER UNTUK PEMBUATAN SURFAKTAN

Tania S. Utami*, Rita Arbianti, Heri Hermansyah,
Wiwik Handayani, dan Desti Andani
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus UI, Depok, 16424
Email: nana@che.ui.ac.id

Abstrak

Surfaktan memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan, tegangan antarmuka, dan meningkatkan kestabilan sistem emulsi. Hal ini membuat surfaktan banyak digunakan pada berbagai bidang industri seperti industri sabun, detergen, produk perawatan diri, dan kosmetika. 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 metil ester dari minyak kelapa melalui reaksi hidrogenasi metil ester (metil laurat) dengan katalis logam, reaksi sulfatasi dengan menambahkan H_2SO_4 , dan netralisasi dengan NaOH . Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kondisi optimum yang meliputi suhu reaksi, laju alir gas hidrogen, dan persentase berat katalis pada reaksi hidrogenasi metil laurat menggunakan katalis Ni dan Cu. Hasil penelitian menunjukkan kondisi operasi optimum yang sama dari kedua katalis, yaitu pada suhu 270 °C, laju alir gas H_2 1 mL/s, dan 30 %-berat katalis. Aktivitas katalis yang lebih baik diberikan oleh katalis Ni, dengan nilai penurunan tegangan permukaan air setelah ditambahkan surfaktan sebesar 26,4 mN/m dan stabilitas emulsi minyak-air setelah ditambahkan surfaktan sebesar 839 detik.

Kata kunci: hidrogenasi, katalis Cu, katalis Ni, metil ester, surfaktan.

Abstract

Surfactant has ability in decreasing surface tension, interfacial surface tension, and increasing stability of emulsion systems. Surfactant is used in several industry such as soap and detergent industry, healthcare and cosmetics industry. One major advantage of oleochemical surfactant is its renewable and degradable properties regarding environmental issue. This surfactant is made using methyl ester from coconut oil through hydrogenation of methyl ester (methyl laurate) by using metal catalyst, sulfatation reaction by adding H_2SO_4 , and neutralization by using NaOH . The goal of this research is 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 using Ni dan Cu catalyst. This research showed that the optimum operating conditions are 270 °C of temperature, 1 mL/s of H_2 gas flow rate, and 30 %-wt of catalyst. Ni catalyst has better activity. After adding 25 %-wt of surfactants, it had surface tension of 26.4 mN/m and it could stabilize emulsion for 839 seconds.

Keywords: hydrogenation, Cu catalyst, Ni catalyst, methyl ester, surfactant.

*korespondensi

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk besar yang terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap kebutuhan sehari-hari di Indonesia, termasuk kebutuhan rumah tangga yaitu produk pembersih seperti deterjen, sabun, sampo, dan pasta gigi. Di dalam produk pembersih tersebut terkandung surfaktan yang berfungsi sebagai *foaming agent* untuk mengikat kotoran. Keterbatasan bahan baku minyak bumi dan gas alam yang banyak digunakan untuk pembuatan surfaktan, menjadi alasan perlu diusahakannya pembuatan surfaktan dengan menggunakan bahan baku alternatif lain yaitu bahan baku yang berasal dari alam.

Salah satu bahan baku alami yang dapat digunakan sebagai penghasil surfaktan adalah buah kelapa. Sebagai negara kepulauan dan berada di daerah tropis, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa utama di dunia. Pada tahun 2000, luas areal tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3,76 juta Ha, dengan total produksi diperkirakan sebanyak 14 milyar butir kelapa, yang sebagian besar (95%) merupakan perkebunan rakyat. Bahkan pada tahun 2004, produksi kelapa di Indonesia mencapai 848 milyar ton (Abdurachman dan Mulyani, 2008). Akan tetapi, dari 848 milyar ton kelapa yang dihasilkan tersebut, hanya 169 milyar ton, atau sekitar 20% yang dimanfaatkan untuk diolah dalam skala industri. Sementara 400 milyar ton, sekitar 47% atau hampir setengahnya diekspor ke luar negeri (Abdurachman dan Mulyani, 2008). Kondisi ini menunjukkan masih rendahnya produktivitas dalam mengolah kelapa menjadi produk-produk jadi. Padahal dari kelapa tersebut dapat dihasilkan berbagai produk turunan, salah satunya adalah surfaktan.

Proses pengolahan buah kelapa menjadi surfaktan membutuhkan beberapa tahap yang melibatkan proses kimia. Tahap pertama adalah pembuatan minyak kelapa. Kemudian dilakukan proses transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak kelapa dengan metanol yang dibantu oleh katalis basa (NaOH) sehingga dihasilkan campuran metil ester. Tahap selanjutnya yang merupakan langkah penting dalam penelitian ini adalah proses hidrogenasi metil ester sehingga terbentuk ester-alkohol yang nantinya akan direaksikan dengan H_2SO_4 . Reaksi dengan

larutan asam kuat ini disebut dengan reaksi sulfatasi yang akan dilanjutkan dengan penetralan menggunakan NaOH, sehingga didapat produk akhir yakni surfaktan.

Ada banyak variabel yang mempengaruhi proses hidrogenasi ini diantaranya ialah suhu, laju alir H_2 , waktu reaksi, dan jenis katalis yang digunakan (Zuzaniuk dkk., 2007). Pada penelitian ini, katalis yang digunakan adalah Ni dan Cu. Pemilihan katalis tersebut didasarkan pada aspek kereaktifan katalis, serta pertimbangan ekonomis.

2. Metodologi

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kelapa dan metanol sebagai reaktan pada transesterifikasi, NaOH sebagai katalis pada transesterifikasi, aquades untuk pencucian metil ester hasil transesterifikasi, H_2SO_4 10 %-vol untuk deaktivasi NaOH pada metil ester hasil transesterifikasi, Na_2SO_4 anhidrat untuk menyerap air dari metil ester, asam HCl dan KOH untuk pengujian bilangan asam minyak kelapa, gas H_2 sebagai reaktan pada proses hidrogenasi, katalis Ni dan Cu yang telah diaktivasi sebagai katalis pada proses hidrogenasi, dan H_2SO_4 sebagai reaktan pada proses sulfatasi.

Pada tahap awal penelitian, dilakukan penentuan kadar air dan bilangan asam dari minyak kelapa. 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 2% dari berat minyak (Astri, 2007). Setelah didiamkan selama semalam, gliserol yang terbentuk pada bagian bawah dikeluarkan. Kemudian metil ester (berada pada lapisan atas) dicuci.

Tahapan berikutnya merupakan tahap yang penting pada penelitian ini, yaitu reaksi hidrogenasi metil ester dengan katalis Ni dan Cu. Reaksi hidrogenasi dilakukan dengan variasi suhu, persen berat katalis, serta laju alir gas hidrogen. Kemudian, dilakukan analisis produk ester-alkohol yang dihasilkan dengan pengukuran penurunan tegangan permukaan dengan metode cincin dan uji kestabilan emulsi minyak-air untuk mendapatkan kondisi optimum dari setiap variasi yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan secara seri, dimana setiap kondisi

optimum yang diperoleh dari variabel bebas yang divariasikan akan digunakan untuk tahap selanjutnya.

Pengukuran penurunan tegangan permukaan air pada penelitian ini menggunakan metode analisis cincin Pt-Ir. Pada prosedur kerja ini, sampel yang akan diuji ada dua. Sampel pertama hanya berisi aquades yang dijadikan sebagai standar dan sampel kedua berisi aquades yang ditambahkan dengan produk hasil reaksi hidrogenasi sebanyak 20% dari berat substrat. Sedangkan pada uji stabilitas emulsi minyak-air, langkah pertama yang dilakukan yaitu mencampurkan aquades (senyawa polar) dan minyak (senyawa nonpolar) ke dalam erlenmeyer dengan perbandingan minyak dan air adalah 1:4. Selanjutnya adalah menambahkan produk hidrogenasi sebanyak 20% dari berat total cairan, dan mengaduk campuran tersebut sehingga terbentuk emulsi. Setelah itu, yang dilakukan adalah menghitung waktu yang diperlukan sampai campuran kembali terpisah.

Untuk produk hasil reaksi hidrogenasi (ester-alkohol) dengan kemampuan terbaik akan dilanjutkan dengan reaksi sulfatasi menggunakan H_2SO_4 pekat dan netralisasi dengan NaOH. Pengujian terhadap produk dilakukan dengan mengukur penurunan tegangan permukaan air dengan menggunakan metode cincin dan mengukur stabilitas emulsi akibat adanya penambahan surfaktan.

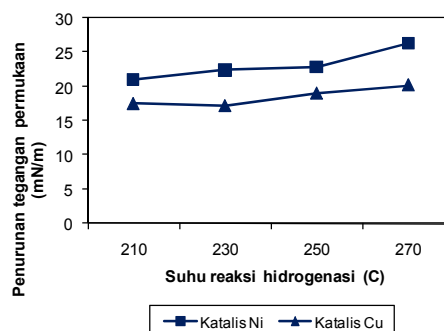
3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh suhu reaksi hidrogenasi terhadap penurunan tegangan permukaan air dan stabilitas emulsi minyak-air

Pada penelitian ini diamati pengaruh suhu terhadap kemampuan surfaktan yang dihasilkan dalam menurunkan tegangan permukaan air. 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 (Marlim, 2004), maka tegangan permukaan turun menjadi 17,7-26,4 mN/m dengan menggunakan katalis Ni dan sebesar 17,22-20,2 mN/m dengan menggunakan katalis Cu.

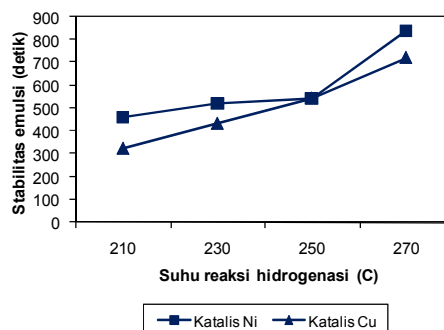
Gambar 1 menunjukkan hubungan antara suhu dengan penurunan tegangan

permukaan air dan stabilitas emulsi. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada suhu reaksi hidrogenasi 270 °C, penurunan tegangan permukaan air yang terukur paling besar, yakni mencapai 26,4 mN/m (dengan katalis Ni) dan mencapai 20,2 mN/m (dengan katalis Cu).



Gambar 1. Pengaruh suhu reaksi terhadap kemampuan surfaktan menurunkan tegangan permukaan air

Uji kemampuan produk hasil reaksi hidrogenasi yang berikutnya adalah pengukuran durasi kestabilan emulsi minyak dalam air. Pengadukan minyak dan air tanpa penambahan larutan hasil hidrogenasi memerlukan waktu 3 menit 32 detik (212 detik), sementara dengan penambahan larutan hasil hidrogenasi tersebut terlihat bahwa campuran minyak dengan air yang tadinya heterogen berubah menjadi homogen. Durasi yang dibutuhkan dari homogen sampai akhirnya heterogen inilah yang akan diukur dalam uji aktivitas ini. Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh suhu hidrogenasi terhadap kestabilan emulsi minyak-air.

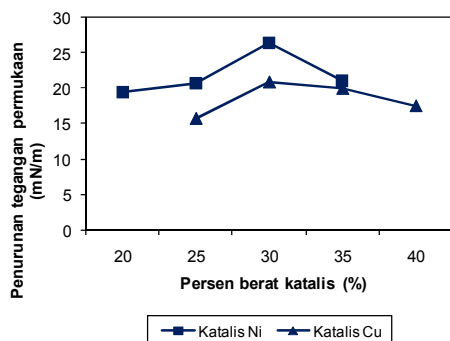


Gambar 2. Pengaruh suhu reaksi terhadap kemampuan surfaktan menstabilkan emulsi minyak-air

Dari Gambar 2 dapat dilihat kestabilan emulsi dengan durasi paling panjang adalah sebesar 829 detik (dengan katalis Ni) dan sebesar 721,8 detik (dengan katalis Cu), yaitu untuk produk surfaktan yang dihasilkan pada suhu reaksi 270 °C. Tanpa penambahan surfaktan, emulsi minyak dan air memerlukan waktu 212 detik untuk kembali terpisah. Nilai peningkatan stabilitas emulsi menunjukkan pola yang sama dengan penurunan tegangan permukaan air. 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. Dari kedua analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi suhu reaksi hidrogenasi optimum dicapai pada suhu 270 °C.

Pengaruh persentase berat katalis terhadap penurunan tegangan permukaan air dan stabilitas emulsi minyak-air

Pada bagian ini diamati pengaruh variasi persentase berat katalis terhadap kemampuan produk hasil reaksi hidrogenasi dalam menurunkan tegangan permukaan air dan menstabilkan emulsi. Pengaruh persentase berat katalis Ni dan Cu pada reaksi hidrogenasi metil laurat terhadap kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air ditunjukkan oleh Gambar 3.



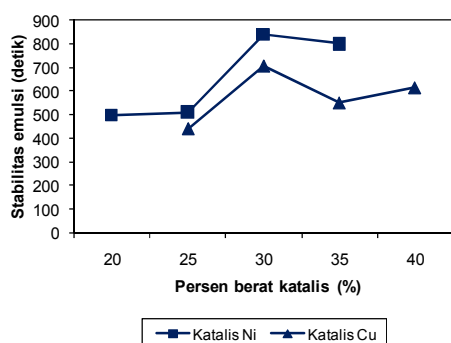
Gambar 3. Pengaruh persen berat katalis terhadap kemampuan surfaktan menurunkan tegangan permukaan air.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai penurunan tegangan permukaan dari setiap variasi

persentase berat katalis yang dilakukan, dimana persentase berat katalis sebesar 30% mengalami kenaikan yang cukup jauh dari penambahan persen berat katalis sebesar 25%. Tetapi, mulai dari 35% hingga 40% berat katalis, tegangan permukaan air mengalami penurunan secara terus-menerus. Perbedaan persentase berat katalis dalam reaksi hidrogenasi yang dilakukan berpengaruh terhadap produk ester-alkohol yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari nilai penurunan tegangan permukaan dari variasi persen berat katalis yang dilakukan, yang berkisar antara 17,7 mN/m – 26,4 mN/m (dengan katalis Ni) dan antara 15,7 mN/m – 20,9 mN/m (dengan katalis Cu). Semakin besar penurunan tegangan permukaan air, maka semakin baik produk hasil reaksi hidrogenasi tersebut.

Salah satu dari sifat surfaktan adalah dapat menurunkan tegangan permukaan air (Sibuea, 2003). Bila dalam air terkandung surfaktan, molekul-molekul surfaktan mengalami orientasi dan teradsorpsi pada permukaan larutan dengan gugus hidrofobik menghadap ke udara. Dengan demikian, permukaan larutan tertutupi dengan gugus hidrofobik surfaktan. Penurunan tegangan permukaan yang disebabkan gaya kohesif cairan (atau padatan) membesar dengan meningkatnya gaya kohesif. Karena gaya kohesif hidrokarbon lebih kecil daripada air, tegangan permukaan air (yang permukaannya tertutupi oleh gugus hidrofobik dari surfaktan) juga lebih kecil daripada air. Itulah sebabnya mengapa tegangan permukaan air menurun dengan penambahan surfaktan (Sibuea, 2003). Karena nilai yang dihasilkan oleh persen berat katalis 30% paling besar dalam menurunkan tegangan permukaan air, yaitu sebesar 26,4 mN/m (dengan katalis Ni) dan sebesar 20,9 mN/m (dengan katalis Cu), maka dapat disimpulkan persentase berat katalis optimum ialah 30%. Hasil ini juga sebanding dengan kemampuan surfaktan dalam menjaga stabilitas emulsi minyak dan air yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa kemampuan menstabilkan emulsi dengan durasi paling besar adalah pada persen berat katalis 30% yaitu sebesar 839 detik (dengan katalis Ni) dan sebesar 703,6 detik (dengan katalis Cu). Kestabilan emulsi antara minyak dan air adalah sebesar 212 detik. Dengan demikian, larutan tersebut mampu menambahkan durasi kestabilan emulsi



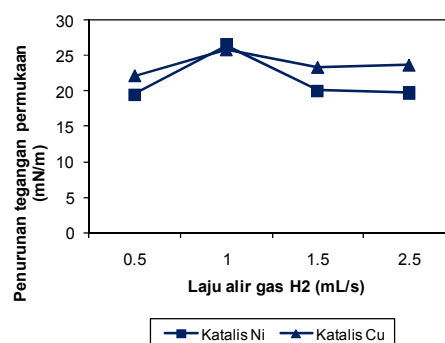
Gambar 4. Pengaruh persen berat katalis terhadap kemampuan surfaktan menstabilkan emulsi minyak-air.

sebesar 627 detik (dengan katalis Ni) atau sebesar 491,6 detik (dengan katalis Cu). Nilai peningkatan stabilitas emulsi menunjukkan pola yang sama dengan penurunan tegangan permukaan air. 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. Dari kedua analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi optimum dicapai pada persen berat katalis sebesar 30%.

Pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap penurunan tegangan permukaan air dan stabilitas emulsi minyak-air

Pada bagian ini diamati pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap kemampuan produk menurunkan tegangan permukaan air dan peningkatan durasi kestabilan emulsi O/W. Pengaruh laju alir gas hidrogen pada reaksi hidrogenasi metil ester terhadap kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan air ditunjukkan oleh Gambar 5.

Pada Gambar 5 dapat dilihat terjadinya penurunan tegangan permukaan air sebesar 19,5-26,4 mN/m (dengan katalis Ni) dan sebesar 22-25,7 mN/m (dengan katalis Cu). Penurunan tegangan permukaan terbesar dicapai pada saat laju alir gas hidrogen 1 mL/s, yaitu sebesar 26,4 mN/m (dengan katalis Ni) atau sebesar 25,7 mN/m (dengan katalis Cu). 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

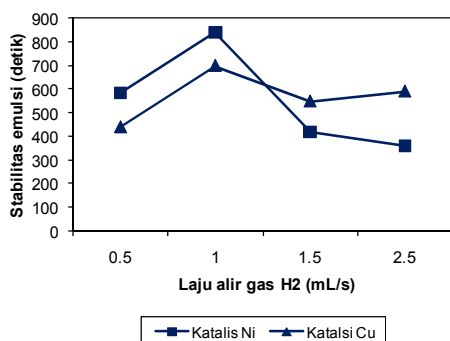


Gambar 5. Pengaruh laju alir gas H₂ terhadap kemampuan surfaktan menurunkan tegangan permukaan air.

mL/s, gas hidrogen tidak cukup lama berada di dalam reaktor sehingga reaksi tidak optimal. Pada laju alir gas hidrogen 0,5 mL/s, sangat sulit menjaga kecepatan dan jumlah gas hidrogen yang masuk. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat yang cenderung tidak mampu mengalirkan gas hidrogen dalam jumlah yang terlalu kecil.

Hal yang sering terjadi pada saat dilakukan *running* dengan laju alir gas hidrogen 0,5 mL/s adalah tidak adanya aliran yang keluar pada selang output gas. Pada laju alir kurang dari 1 mL/s, diperkirakan jumlah reaktan (gas hidrogen) tidak cukup untuk bereaksi dengan metil ester. Sementara pada laju lebih besar dari 1 mL/s, gas hidrogen tidak cukup lama berada di dalam reaktor sehingga reaksi yang terjadi tidak optimal. Untuk terjadinya reaksi hidrogenasi yang optimal, dibutuhkan gas hidrogen dengan waktu retensi yang cukup lama dan juga jumlah gas hidrogen yang cukup di dalam reaktor. Hasil ini juga sebanding dengan kemampuan surfaktan dalam menjaga stabilitas emulsi minyak dan air yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 menampilkan grafik hubungan antara variasi laju alir gas hidrogen dengan kemampuan produk dalam menstabilkan emulsi O/W. Terjadi perbedaan jika dibandingkan dengan pola grafik tegangan permukaan pada Gambar 5. Titik optimum tetap dicapai pada saat laju alir gas hidrogen 1 mL/s, yaitu sebesar 839 detik (dengan katalis Ni) atau sebesar 698,6 detik (dengan katalis Cu). Untuk laju alir yang lebih besar dari 1 mL/s, kemampuan menstabilkan emulsi akan cenderung menurun. Hal ini dikarenakan waktu retensi hidrogen di dalam reaktor semakin



Gambar 6. Pengaruh laju alir gas H₂ terhadap kemampuan surfaktan menstabilkan emulsi minyak-air.

berkurang dan reaksi yang terjadi tidak optimum. Dari kedua analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi laju alir gas H₂ optimum dicapai pada laju alir gas H₂ sebesar 1 mL/s. Katalis yang lebih reaktif dalam mengkatalis metil ester untuk menghasilkan ester-alkohol pada reaksi hidrogenasi adalah katalis Ni. Hal ini dapat dilihat dari aktivitas katalis Ni yang lebih reaktif daripada Cu walaupun kurang ekonomis bila dibandingkan dengan Cu.

Surfaktan yang akan dibuat dari metil ester (dengan kandungan terbesar metil laurat) pada penelitian ini adalah Sodium Lauryl Sulfat (SLS). Produk hasil reaksi hidrogenasi yang diperoleh dari kondisi operasi optimum selanjutnya direaksikan dengan asam sulfat pekat, sehingga diharapkan dapat menghasilkan *Lauryl Sulfuric Acid*. Kemudian, senyawa tersebut dinetralkan dengan larutan NaOH sehingga menghasilkan SLS. Surfaktan yang diperoleh adalah surfaktan anionik fasa padat, yang diasumsikan sebagai SLS. Pada penelitian ini tidak dilakukan uji karakterisasi dari surfaktan yang dihasilkan, namun hanya dilakukan uji kemampuan senyawa tersebut sebagai surfaktan.

4. Kesimpulan

Kondisi operasi optimum pada reaksi hidrogenasi diperoleh pada saat suhu reaksi

hidrogenasi 270 °C, persen berat katalis 30 %-wt metil laurat, laju alir gas hidrogen 1 mL/s dengan nilai penurunan tegangan permukaan air sebesar 26,4 mN/m (dengan katalis Ni) atau sebesar 25,7 mN/m (dengan katalis Cu), dan nilai stabilitas emulsi minyak-air sebesar 839 detik (dengan katalis Ni) atau sebesar 698,6 detik (dengan katalis Cu).

Katalis yang lebih reaktif dalam mengkatalis metil laurat untuk menghasilkan lauril alkohol pada reaksi hidrogenasi adalah katalis Ni, namun kurang ekonomis bila dibandingkan dengan Cu.

Daftar Pustaka

- Abdurachman, A.; Mulyani, A., *Pemanfaatan Lahan Berpotensi untuk Pengembangan Produksi Kelapa*, Departemen Pertanian Republik Indonesia, Bogor, 2008.
- Marlim, A. N., *Pengaruh Katalis NaOH terhadap Peningkatan Kualitas Metil Ester dan Gliserin yang berbasis Minyak Inti Kelapa Sawit*, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2004.
- Astri, N., *Pengaruh Kondisi Operasi Reaksi Transesterifikasi VCO terhadap Produk Metil Laurat dengan Metode Pemisahan Berdasarkan Perbedaan Titik Leleh*, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2007.
- Sibuea, P., *Virgin Coconut Oil, Penyembuh Ajaib dari Buah Kelapa*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Indonesia, 2003.
- Zuzaniuk, V.; Gruter, G.; Veringa, M. N.; Spijkes, A.; Puil, N. V. D.; Keijzer, J.; Hamid, S. B. A., *Catalyst and Process Development for Production of Oleochemicals from Palm Oil Using High Throughput Experimentation*, 20th North American Meeting, North American Catalysis Society: USA, 2007.