

## PENGARUH METODE PREPARASI DAN KANDUNGAN LOGAM AKTIF TERHADAP AKTIVITAS KATALIS Ni/*KIESELGUHR*

Galuh Widiyarti dan Wuryaningsih Sri Rahayu

Pusat Penelitian Kimia (P2K)-LIPI  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang  
e-mail : galuh\_w01@yahoo.com

### ABSTRAK

**PENGARUH METODE PREPARASI DAN KANDUNGAN LOGAM AKTIF TERHADAP AKTIVITAS KATALIS Ni/*KIESELGUHR*.** Metode preparasi dan kandungan logam aktif berpengaruh terhadap aktivitas katalis. Telah dilakukan studi aktivitas katalis Ni/*kieselguhr* pada skala laboratorium, dengan parameter metode preparasi dan kandungan logam aktif nikel (Ni). Preparasi katalis Ni/*kieselguhr* dilakukan dengan metode impregnasi dan presipitasi dengan kandungan logam aktif nikel 10 %berat, 20 %berat, dan 30 %berat. Karakteristik katalis dianalisis dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Aktivitas katalis dianalisa berdasarkan penurunan bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit hasil hidrogenasi yang dilakukan selama 2 jam. Hasil uji aktivitas katalis menunjukkan bahwa katalis presipitasi lebih aktif daripada katalis impregnasi. Penurunan bilangan iodium asam lemak sekitar 51,53 % dan 21,85 % dengan menggunakan katalis presipitasi dan impregnasi secara berurutan. Selain itu, katalis makin aktif jika kandungan logam aktif Ni makin tinggi.

**Kata kunci :** Presipitasi, Impregnasi, *XRD*, Hidrogenasi minyak sawit, Bilangan iodium

### ABSTRACT

**EFFECTS OF PREPARATION METHOD AND ACTIVE METAL CONTENT ON OF Ni/*KIESELGUHR* CATALYST ACTIVITY.** The preparation and the active metal content influence the activity of catalyst. Study has been conducted to see the activity of Ni/*kieselguhr* based on preparation method and Nickel (Ni) contents in the catalyst in the laboratory scale. The Ni/*kieselguhr* catalyst were prepared by impregnation and precipitation methods, with Ni active contents of 10, 20, and 30% by weight. The catalysts characterization was analyzed using *X-Ray Diffraction (XRD)*. Catalysts activities were analyzed based on decreasing of iodine number from hydrogenation of crude palm oil for 2 hours. The activity tests results show that precipitation catalysts are more active than impregnation catalysts. The decreasing in iodine number of fatty acid after 2 hours of hydrogenation process using precipitation catalysts and impregnation catalysts are 51.53 and 21.85%, respectively. In addition, the catalysts are more active with increasing Ni contents.

**Key words :** Precipitation, Impregnation, *XRD*, Hydrogenation of crude palm oil, Iodine number

### PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu sumber minyak nabati dengan kandungan minyak kurang lebih 46 % hingga 50 %. Minyak sawit dibedakan menjadi 2 jenis yaitu minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil (CPO)*) dan *Palm Kernel Oil (PKO)*. Minyak sawit mentah banyak digunakan untuk bahan industri pangan seperti minyak goreng dan margarin. Minyak sawit banyak mengandung asam lemak tidak jenuh terutama asam oleat [1]. Komposisi asam lemak pada minyak sawit ditunjukkan pada Tabel 1.

Minyak sawit dan turunannya banyak digunakan dalam industri oleokimia, baik sebagai bahan baku atau bahan pendukung. Sebelum digunakan sebagai bahan

baku industri, minyak sawit harus diolah terlebih dahulu baik secara rafinasi, fraksinasi, dan hidrogenasi.

Sebagian besar proses industri kimia seperti industri pangan dan industri kosmetik merupakan proses katalisis. Menurut fasanya, katalis dibagi menjadi dua golongan, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen [2-5]. Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang sama dengan fasa reaktannya, sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan fasa reaktannya, dimana umumnya katalis yang digunakan berupa padatan, sedangkan reaktan berupa gas atau cairan. Sebagai contoh, hidrogenasi minyak nabati seperti

Tabel 1. Komposisi asam lemak pada minyak sawit[1].

Asam lemak	Komposisi (%)
C14:0 (asam miristat)	0,40-0,80
C16:0 (asam palmitat)	46,60-53,40
C16:1 (asam palmitoleat)	0,10-0,20
C18:0 (asam stearat)	2,40-4,90
C18:1 (asam oleat)	38,20-42,60
C18:2 (asam linoleat)	6,70-11,80
C18:3 (asam linolenat)	0,10-0,30
C20:0 (asam arakhidat)	0,10-0,20

hidrogenasi minyak sawit mentah pada penelitian ini merupakan reaksi tiga fasa, yaitu katalis sebagai padatan, minyak sawit mentah sebagai cairan, dan hidrogen sebagai gas.

Katalis terdiri atas 2 komponen, yaitu senyawa aktif dan bahan penyangga [6]. Senyawa aktif adalah senyawa yang mengatur reaksi kimia yang terjadi pada permukaan katalis itu sendiri, sehingga dapat mengubah reaktan menjadi produk. Senyawa yang dapat digunakan sebagai senyawa aktif adalah logam murni atau logam oksida, seperti nikel (Ni) dan platina (Pt) murni untuk hidrogenasi minyak nabati atau  $V_2O_5$  untuk oksidasi inorganik sulfur dioksida menjadi sulfur trioksida. Selain senyawa aktif, katalis juga terdiri atas bahan penyangga. Sebagai komponen terbesar dari katalis, bahan penyangga dapat memperluas luas permukaan katalis dan mendistribusikan senyawa aktif ke pori-pori permukaan bahan penyangga secara merata sehingga terbentuk sistem dispersi senyawa aktif yang homogen [6]. Bahan penyangga harus bersifat inert, yang tidak mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi pada permukaan katalis, dan tahan panas karena proses kimia dalam industri dilakukan pada suhu tinggi, seperti silika-alumina (*kieselguhr*),  $TiO_2$ , dan zeolit.

Proses hidrogenasi dapat dilakukan dengan menggunakan logam-logam transisi sebagai katalis, seperti nikel (Ni), platina (Pt), dan paladium (Pd). Pemilihan logam transisi sebagai katalis berdasarkan kondisi proses hidrogenasi dan senyawa yang akan dihidrogenasi. Karena harga Pt lebih mahal, maka dari segi ekonomi pemakaian Ni lebih menguntungkan. Proses hidrogenasi minyak sawit untuk mendapatkan bahan dasar pembuatan surfaktan dalam industri pangan, kosmetik, dan deterjen dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berbasis dasar logam nikel dengan bahan penyangga silika-alumina atau *kieselguhr* [7-9]. Katalis tersebut sampai saat ini masih diimpor, sedangkan kebutuhan katalis untuk proses hidrogenasi minyak sawit terus meningkat seiring dengan peningkatan produksi minyak sawit di Indonesia [10].

Aktivitas dan selektivitas katalis dipengaruhi oleh karakteristik katalis, sedangkan karakteristik katalis dipengaruhi oleh metode preparasi dan kandungan logam aktifnya. Metode yang sering digunakan dalam preparasi katalis adalah metode impregnasi dan

presipitasi [11]. Preparasi katalis dengan metode impregnasi dilakukan dengan cara menempelkan komponen senyawa aktif pada suatu bahan penyangga berpori sehingga komponen senyawa aktif tersebut dapat terdispersi secara merata ke seluruh permukaan dan pori-pori bahan penyangga. Sedangkan preparasi katalis dengan metode presipitasi, senyawa aktif ditempelkan pada permukaan bahan penyangga dengan menggunakan bahan pengendap (presipitan).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh metode preparasi yaitu metode impregnasi dan presipitasi, serta kandungan logam aktif Ni yaitu 10 %berat, 20 %berat dan 30 %berat terhadap aktivitas katalis Ni/*kieselguhr*. Katalis yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk melihat struktur kristal logam yang terkandung dalam katalis. Uji aktivitas katalis dilakukan dengan mengamati perubahan bilangan iodium minyak sawit mentah hasil hidrogenasi secara katalitik. Pada proses hidrogenasi, asam lemak yang terkandung dalam minyak sawit mentah diubah dari kondisi tak jenuh menjadi jenuh dengan adanya reaksi adisi dari hidrogen, yang ditunjukkan dengan adanya penurunan bilangan iodium.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: minyak sawit mentah (*CPO*),  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ , *kieselguhr*, urea, dan  $Na_2CO_3$ ,  $CCl_4$ , KI, larutan *Wijs*,  $Na_2S_2O_3$ , dan amylum.

### Cara Kerja

Metode penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu preparasi katalis dengan karakterisasinya dan uji aktivitas katalis. Preparasi katalis Ni/*kieselguhr* dilakukan dengan metode impregnasi dan presipitasi, dengan variasi kandungan logam aktif Ni (%berat) sebagai parameter. Uji aktivitas katalis dikaji dengan melakukan proses hidrogenasi minyak sawit mentah secara katalitik.

### Preparasi Katalis

Preparasi katalis dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode impregnasi dan metode presipitasi.

### Metode Impregnasi

Preparasi katalis dengan metode impregnasi dilakukan dengan cara sebagai berikut : dilakukan penambahan larutan prekursor logam katalis  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  sedikit demi sedikit ke dalam bahan penyangga *kieselguhr* ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ) sehingga diperoleh

campuran yang homogen. Setelah seluruh larutan senyawa prekursor logam katalis ditambahkan ke dalam bahan penyangga, dilakukan pengadukan lanjut pada suhu kamar selama 1 jam. Kemudian keseluruhan campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 60 °C, sehingga seluruh pelarut menguap. Sampel dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam, dihaluskan dan dikalsinasi dalam pada suhu 500 °C selama 10 jam. Hasil kalsinasi direduksi dalam aliran gas H<sub>2</sub> pada suhu 450 °C selama 4 jam.

## Metode Presipitasi

Tahapan-tahapan dalam metode presipitasi adalah sebagai berikut : Melarutkan sejumlah tertentu nikel nitrat (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O), urea, dan *kieselguhr* ke dalam *aquadest*. Kemudian menambahkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1M sebagai presipitan atau pengendap ke dalam larutan garam nikel tersebut dengan laju penambahan tertentu sampai dengan pH 8. Selanjutnya keseluruhan campuran diaduk diatas pemanas pada suhu 90 °C selama 30 menit.

Untuk menghilangkan zat, ion, dan elektrolit bebas sebagai produk samping reaksi, endapan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan air panas. Sampel dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam, dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 10 jam, dan dilanjutkan dengan reduksi katalis dalam aliran gas H<sub>2</sub> pada suhu 450 °C selama 4 jam.

Kandungan logam aktif Ni dari katalis Ni/*kieselguhr* yang dipreparasi dengan metode impregnasi dan presipitasi divariasikan 10 %berat, 20 %berat dan 30 %berat. Katalis hasil preparasi dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction (XRD)* menggunakan radiasi CuK $\alpha$  dengan panjang gelombang 1,54058 Å.

## Uji Aktivitas Katalis

Aktivitas katalis diukur secara tidak langsung dengan menghitung bilangan iodium dari asam lemak yang terkandung dalam minyak sawit mentah hasil hidrogenasi dengan metode *Wijs*. Katalis yang digunakan untuk proses hidrogenasi adalah katalis yang telah direduksi. Untuk mencegah teroksidasinya kembali logam aktif katalis hasil reduksi, sampel katalis hasil reduksi dilapisi dengan bahan organik seperti asam lemak, dengan mencelupkan katalis hasil reduksi tersebut ke dalam minyak dan dikeringkan.

Proses hidrogenasi minyak sawit mentah dilakukan dalam reaktor *batch* kapasitas 200 mL pada tekanan = 10 bar, suhu = 180 °C, kecepatan pengadukan = 750 rpm, waktu reaksi = 2 jam, dan konsentrasi katalis = 0,05 % (perbandingan berat logam aktif katalis terhadap minyak sawit mentah). Selama proses hidrogenasi berlangsung dilakukan pengambilan sampel sebanyak 5 kali setiap 30 menit

waktu proses, yaitu pada 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

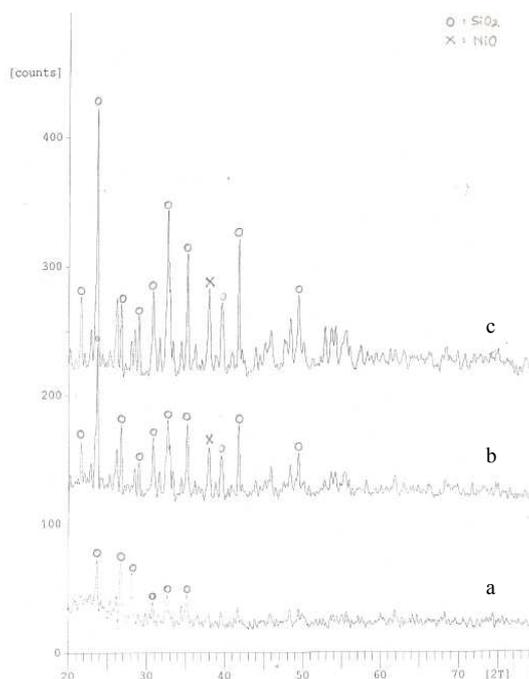
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi 2 hal, yaitu karakterisasi katalis hasil impregnasi dan presipitasi yang dilakukan dengan menganalisis struktur kristal katalis dengan *XRD*, dan uji aktivitas katalis yang dilakukan dengan menganalisis bilangan iodium dari asam lemak hasil hidrogenasi minyak sawit mentah secara katalitik.

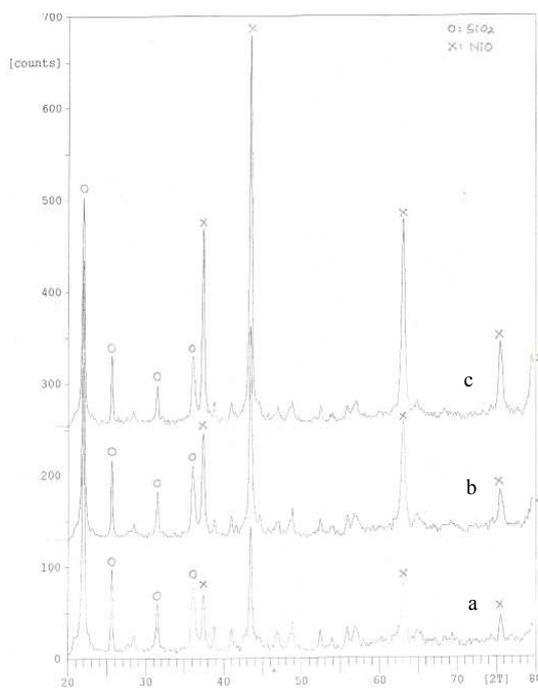
Pada Gambar 1, Pola difraksi sinar-X dari katalis hasil impregnasi menunjukkan adanya logam aktif Ni dalam bentuk nikel oksida (NiO) dan bahan penyangga SiO<sub>2</sub>. Kristal NiO ditunjukkan oleh puncak NiO pada sudut difraksi (2 $\theta$ ) = 37,2 berdasarkan standar *ASTM* No.22-1189, sedangkan *kieselguhr* sebagai bahan penyangga ditunjukkan oleh puncak SiO<sub>2</sub> pada sudut difraksi (2 $\theta$ ) = 22,2; 23,4; 26,7; 27,9; 28,2; 30,4; 32,5; 35,4; 39,4; dan 49,4 sesuai dengan standar *ASTM* No. 14-0260.

Pola difraksi sinar-X dari ketiga sampel katalis hasil impregnasi, yaitu katalis Ni/*kieselguhr* 10 %berat, 20 %berat, dan 30 %berat (logam aktif) berbeda satu dengan yang lain, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan logam aktif berpengaruh terhadap struktur kristal katalis. Makin tinggi kandungan logam aktif katalis, makin tinggi intensitas puncak logam aktif yang terbentuk, yang berarti makin besar kristal yang terbentuk.

Pola difraksi sinar-X dari ketiga sampel katalis hasil presipitasi pada Gambar 2, menunjukkan pola difraksi sinar-X yang sama, yaitu adanya nikel oksida



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X katalis Ni/*kieselguhr* hasil impregnasi dengan kandungan logam aktif Ni (a) 10%berat, (b) 20%berat dan (c) 30 %berat.



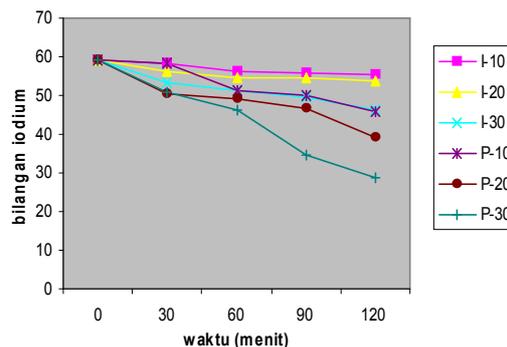
**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X katalis Ni/kieselguhr hasil presipitasi dengan kandungan logam aktif Ni (a) 10 %berat, (b) 20 %berat dan (c) 30 %berat.

(NiO) yang ditunjukkan oleh puncak-puncak NiO pada sudut difraksi ( $2\theta$ ) : 37,2; 43,3; 62,8; dan 75,4 sesuai dengan standar *ASTM* No. 22-1189. Puncak-puncak logam aktif Ni dalam bentuk NiO dari katalis hasil presipitasi lebih tajam dan tinggi daripada katalis hasil impregnasi, karena kristal katalis hasil presipitasi lebih besar yang berarti logam aktif katalis hasil presipitasi terdispersi lebih merata pada permukaan bahan penyangga daripada katalis hasil impregnasi [12]. Sedangkan bahan penyangga *kieselguhr* ditunjukkan oleh puncak  $\text{SiO}_2$  pada sudut difraksi ( $2\theta$ ) = 21,8; 26,4; 31,6; dan 36,2 sesuai dengan standar *ASTM* No. 14-0260.

Aktifitas katalis diukur secara tidak langsung dengan menganalisa bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi. Makin kecil bilangan iodium, makin jenuh asam lemak yang dihasilkan, artinya makin banyak asam lemak tidak jenuh yang terhidrogenasi menjadi asam lemak jenuh.

Pada Gambar 3, gambar hasil uji aktivitas dari katalis hasil impregnasi (I) dan presipitasi (P), menunjukkan terjadinya penurunan bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi. Penurunan bilangan iodium tersebut berhubungan dengan peningkatan jumlah asam lemak jenuh dari minyak sawit mentah hasil hidrogenasi, bilangan iodium menurun jika asam lemak jenuh yang terbentuk makin banyak.

Hasil uji aktivitas katalis menunjukkan bahwa kandungan logam aktif katalis berpengaruh terhadap aktivitas katalis seperti tampak pada Gambar 3. Makin tinggi kandungan logam aktif Ni pada katalis



**Gambar 3.** Profil bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi secara katalitik selama 2 jam

Ni/kieselguhr hasil impregnasi (I) ataupun hasil presipitasi (P), makin aktif katalis hasil impregnasi (I) maupun presipitasi (P). Hal ini ditunjukkan dengan makin besar kandungan logam aktif Ni dari katalis hasil impregnasi (I) ataupun presipitasi (P), maka makin kecil bilangan iodium akhir dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi. Bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi selama 2 jam (120 menit) dari katalis hasil impregnasi (I) dengan kandungan logam aktif Ni 10 %, 20 %, dan 30 % (I-10, I-20, dan I-30) secara berurutan adalah 55,27; 53,70; dan 46,11. Demikian juga bilangan iodium dari asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi selama 2 jam (120 menit) dengan menggunakan katalis hasil presipitasi (P) dengan kandungan logam aktif Ni 10, 20, 30% (P-10, P-20, P-30) secara berurutan adalah 45,68; 39,05; dan 28,60.

Berdasarkan data pengukuran bilangan iodium menunjukkan bahwa, tingkat kejenuhan (bilangan iodium tertentu) tidak dapat tercapai dengan memberikan konsentrasi logam aktif Ni (% berat terhadap minyak sawit mentah) yang sama pada proses hidrogenasi minyak sawit mentah secara katalitik dari katalis yang berbeda. Pada penelitian ini proses hidrogenasi minyak sawit mentah dilakukan dengan memberikan konsentrasi logam aktif Ni 0,05% (berat Ni terhadap minyak sawit) baik katalis hasil impregnasi ataupun presipitasi. Hal ini dimungkinkan karena faktor-faktor intrinsik dari katalis, seperti interaksi antara logam aktif Ni dan bahan penyangga berperan besar terhadap aktivitas katalis.

Pada penelitian terdahulu dilaporkan bahwa, selain dalam bentuk kristal logam, nikel pada katalis Ni/kieselguhr juga berbentuk nikel *antigorit*, yaitu senyawa hasil interaksi antara nikel dan silika dari *kieselguhr* sebagai bahan penyangga [11]. Nikel *antigorit* pada katalis Ni/kieselguhr bertindak sebagai perekat antara prekursor logam nikel dengan silika sebagai bahan penyangga. Karena adanya peran nikel *antigorit* sebagai perekat, maka pada uji aktivitas katalis pada hidrogenasi minyak sawit mentah dengan memberikan konsentrasi nikel yang sama terhadap minyak sawit mentah dari beberapa katalis yang mempunyai kandungan logam aktif Ni yang berbeda, memberikan hasil yang berbeda. Sebagian dari nikel ada

dalam bentuk nikel antigorit dan berperan sebagai perekat antara logam Ni dan bahan penyangga, sehingga dengan kandungan logam Ni yang lebih kecil, lebih sedikit logam Ni yang tersedia untuk reaksi hidrogenasi meskipun proses hidrogenasi dilakukan dengan konsentrasi logam Ni yang sama terhadap minyak sawit mentah.

Makin kecil bilangan iodium dari asam lemak jenuh minyak sawit mentah hasil hidrogenasi secara katalitik, yang berarti makin banyak asam lemak tidak jenuh yang terhidrogenasi menjadi asam lemak jenuh, menunjukkan makin aktif katalis. Berdasarkan data pengukuran bilangan iodium yang diperoleh dari hasil uji aktivitas katalis hasil impregnasi dan presipitasi, dapat disimpulkan bahwa katalis hasil presipitasi (P) lebih aktif daripada katalis hasil impregnasi (I).

## KESIMPULAN

Dari serangkaian percobaan uji aktivitas katalis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, katalis Ni/*kieselguhr* hasil presipitasi lebih aktif dibandingkan hasil impregnasi. Selain itu, kandungan logam aktif katalis berpengaruh terhadap aktivitas katalis. Makin tinggi kandungan logam aktif Ni, makin aktif katalis Ni/*kieselguhr*. Pada proses hidrogenasi minyak sawit mentah selama 2 jam, terjadi penurunan bilangan iodium sebesar 21,8 % dan 51,5 %, dengan menggunakan katalis Ni/*kieselguhr* 30/70 hasil impregnasi dan presipitasi secara berurutan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, khususnya dalam karakterisasi katalis yaitu dengan melakukan *Temperature Programme Reduction (TPR)* sehingga dapat diketahui suhu reduksi yang sesuai baik untuk katalis hasil impregnasi ataupun presipitasi, mengukur luas permukaan spesifik katalis dengan metode *Brunauer Emmer Teller (BET)*, dan melihat morfologi katalis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* sehingga dispersi logam aktif pada bahan penyangga tampak lebih jelas. Selain itu, perlu dilakukan penelitian dalam mencari kandungan logam aktif Ni yang optimum dari katalis Ni/*kieselguhr* untuk hidrogenasi minyak sawit mentah dan perlu dilakukan analisis kandungan asam lemak minyak sawit mentah hasil hidrogenasi dengan menggunakan *Gas Chromatography (GC)* sehingga dapat diketahui jumlah

dari asam lemak tidak jenuh yang terhidrogenasi menjadi asam lemak jenuh.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Asep Wachyudi, dan Subardan dari Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta atas bantuan dan kerjasamanya dalam penelitian ini.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. N. PASARIBU, *Minyak Buah Kelapa Sawit*, e-USU Repository, (2004)
- [2]. K. OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4<sup>th</sup> Edition, Volume 5, John Wiley and Sons, Inc. New York, (2001)
- [3]. R. I., MASEL, *Chemical Kinetics and Catalysis*, Wiley Interscience, New York (2001)
- [4]. B. ARNO, *Organometallic Compounds and Homogenous Catalysis*, Wiley-VCH, Weinheim (2002)
- [5]. K. HELMUT and K. KARL, *Heterogenous Catalysis and Solid Catalysts*, Wiley-VCH, Winheim (2002)
- [6]. F. SHARIDI, *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, 6<sup>th</sup> Edition, Volume 2, John Wiley and Sons, Inc., New York (2005)
- [7]. E.W. HANSEN, M. NEUROCK, *J. of Catalysis*, **196**(2) (2000) 241-252
- [8]. G.J. SUPPES. M.A. PARARI, and E.J. DOSKOCIL, *J. Am. Oil. Chem.*, **257**(2) (2004) 213-223
- [9]. E. S. JANG, M. Y. JUNG, and D. B. MIN, *Comprehensive Review in Food Science & Food Safety*, **1** (2005) 22-30
- [10]. E. ARIANTO, Pertumbuhan Produksi Minyak Sawit Indonesia, *Warta Ekonomi*, (2008)
- [11]. J. WEGENER, G. WARLIMONT, ZECHLIN, and HANS, Process for the production of nickel catalysts and their use in the hydrogenation of organic compound, US Patent 7517829 (2004)
- [12]. A. R. WEST, *Solid State Chemistry and Its Applications*, Chapter 2, John Wiley & Sons Inc., Singapore, (2003)