

**MIPA**

**LAPORAN AKHIR  
STRATEGIS NASIONAL TAHUN ANGGARAN 2009  
(ENERGI TERBARUKAN)**



**PREPARASI DAN UJI AKTIVITAS LOGAM SULFIDA-LEMPUNG AKTIF  
PADA HIDROTREATING MINYAK NABATI NON PANGAN  
(Alur Baru Pembuatan Biodiesel)**

Dibiayai oleh DIPA UPI  
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Strategi Nasional Batch I  
dengan SK Rektor UPI Nomor : 1145/HM/PL/2009  
Tanggal 27 Februari 2009

**Peneliti Utama:  
Dr. Iqbal Musthapa, M.Si**

**Anggota:  
Dr. Ratnaningsih Eko Sardjono, M.Si.  
Dr. Agus Setiabudi, M.Si.  
Soja Siti Fatimah, M.Si.**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
Nopember, 2009**

## Halaman Pengesahan

1. Judul Penelitian : Preparasi dan Uji Aktivitas Katalis Logam Sulfida-Lempung Aktif pada Proses *Hydrotreating* Minyak Nabati Non Pangan (Alur Baru Pembuatan Biodiesel)

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Iqbal Musthapa, M.Si.
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 132 296 323
- d. Jabatan fungsional : Lektor
- e. Jabatan struktural : -
- f. Bidang Keahlian : Kimia Organik
- g. Fakultas/Jurusan : Pend. MIPA/Pend.Kimia
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
- i. Tim Peneliti

No	Nama Dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1	Dr. Ratnaningsih E. S., M.Si.	Kimia Organik	FPMIPA/Kimia	UPI
2	Soja S. Fatimah, M.Si	Kimia Material		UPI
3	Dr,Agus Setiabudi, M.Si	Kimia Fisika		UPI

3. Pendanaan dan Jangka Waktu Penelitian

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 1 tahun
- b. Biaya yang diajukan ke Dikti : Rp 100.000.000,00
- c. Biaya yang disetujui tahun 2009 : Rp 90.000.000,00

Mengetahui :  
Dekan

Bandung, 27 Nopember 2009  
Ketua Peneliti,

Dr. R.Asep Kadarohman, M.Si  
NIP.131686359

Dr.Iqbal Musthapa, M.Si  
NIP.132296323

Menyetujui :  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat  
Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)

**Prof. Dr. Sumarto, MSIE**  
NIP 130935683

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b>	
<b>SUMMARY</b>	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b> .....	12
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	14
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	22
<b>BAB VI KESIMPULAN</b> .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b>	Rentang suhu destilasi dan komponen utama yang terkandung.....	19
<b>Tabel 5.1</b>	Perbandingan d dan intensitas H Bentonit terhadap Standar (Monmorillonit).....	29
<b>Tabel 5.2</b>	Perbandingan nilai $2\theta$ , d, dan intensitas Bentonit Teraktivasi Asam dengan Ni-PilC.....	29
<b>Tabel 5.3</b>	Puncak difraktogram NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan Puncak NiS/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	31
<b>Tabel 5.4</b>	Data analisis AAS sampel Ni-PilC.....	32
<b>Tabel 5.5</b>	Data Analisis AAS Sampel NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	33
<b>Tabel 5.6</b>	Spesifikasi <i>Heater</i> .....	37
<b>Tabel 5.7</b>	Data Pengamatan Uji Kebocoran.....	37
<b>Tabel 5.8</b>	Data Pengamatan Terhadap Uji Ketahanan Terhadap Parameter Suhu, Reaksi Kimia, dan Tekanan.....	38
<b>Tabel 5.9</b>	Kelebihan dan Kelemahan Masing-Masing Reaktor.....	38

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Mekanisme katalisis oleh katalis logam pada reaksi hidrogenasi ikatan rangkap.....	11
<b>Gambar 4.1</b>	Alur penelitian.....	14
<b>Gambar 4.2</b>	Jalur reaksi konversi minyak menjadi alkana.....	19
<b>Gambar 4.3</b>	Roadmap penelitian dan pengembangan teknologi konversi minyak nabati menjadai bahan bakar.....	21
<b>Gambar 5.1</b>	Tampilan fisik katalis Ni-PilC.....	22
<b>Gambar 5.2</b>	Persamaan reaksi proses pilarisasi.....	24
<b>Gambar 5.3</b>	Katalis NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25
<b>Gambar 5.4</b>	Spektra FTIR H bentonit dan Ni-PilC.....	25
<b>Gambar 5.5</b>	Spektra FTIR Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan NiS/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	27
<b>Gambar 5.6</b>	Difraktogram XRD H bentonit dan Ni-PilC.....	28
<b>Gambar 5.7</b>	Spektra XRD NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan NiS/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	31
<b>Gambar 5.8</b>	Reaktor Tipe A.....	34
<b>Gambar 5.9</b>	Reaktor Tipe B.....	34
<b>Gambar 5.10</b>	Reaktor Tipe C.....	35
<b>Gambar 5.11</b>	Reaktor Tipe D.....	35
<b>Gambar 5.12</b>	Reaktor Tipe E.....	36
<b>Gambar 5.13</b>	Reaktor Tipe F.....	36
<b>Gambar 5.14</b>	<i>Mantel</i> .....	37
<b>Gambar 5.15</b>	<i>Mantel Heater</i> .....	37
<b>Gambar 5.16</b>	Skema Pengkondisian Awal Reaktor.....	40
<b>Gambar 5.17</b>	Tampilan fisik minyak Bimoli.....	41
<b>Gambar 5.18</b>	Kromatogram GCMS Minyak Bimoli.....	41
<b>Gambar 5.19</b>	Kromatogram produk hidrogenasi Ni-PilC.....	42
<b>Gambar 5.20</b>	Tampilan fisik hasil reaksi <i>hydrocracking</i> untuk variabel tekanan saat reaksi 23, 30, dan 34 kg/cm <sup>2</sup> pada suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam).....	43
<b>Gambar 5.21</b>	Tampilan fisik hasil reaksi <i>hydrocracking</i> untuk variabel tekanan saat reaksi 23, 30, dan 34 kg/cm <sup>2</sup> pada suhu 300 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam).....	43
<b>Gambar 5.22</b>	Kromatogram produk hidrogenasi NiS/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	43
<b>Gambar 5.23</b>	Tampilan fisik hasil reaksi <i>hydrocracking</i> pada tekanan 9 kg/cm <sup>2</sup> dan suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam).....	43
<b>Gambar 5.24</b>	Tampilan fisik hasil reaksi <i>hydrocracking</i> pada tekanan 15 kg/cm <sup>2</sup> dan suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam).....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1</b>	<b>JUSTIFIKASI BIAYA PENELITIAN TAHUN PERTAMA.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN 2</b>	<b>DUKUNGAN TERHADAP PELAKSANAAN PENELITIAN.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN 3</b>	<b>SARANA DAN PRASARANA.....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN 4</b>	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI.....</b>	<b>53</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Peningkatan pertumbuhan ekonomi serta populasi dengan segala aktivitasnya meningkatkan kebutuhan energi di semua sektor pengguna energi. Kondisi ini harus didukung dengan pasokan energi jangka panjang secara berkesinambungan, terintegrasi, dan ramah lingkungan. Potensi sumberdaya minyak bumi dan kemampuan kapasitas kilang di dalam negeri yang terbatas, maka perlu dicarikan bahan bakar alternatif untuk substitusi BBM.

Pemerintah melalui Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dan ditindaklanjuti dengan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 mendorong penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar alternatif. Indonesia diharapkan mampu mensubstitusi minyak solar dengan biodiesel sebanyak 2% pada tahun 2010, 3% tahun 2015 dan 5% tahun 2025. Sebagai negara agraris, Indonesia mempunyai beragam sumber daya alam terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai biofuel. Sumber biofuel yang telah mulai dikembangkan, seperti minyak sawit, minyak kelapa, atau minyak jagung ternyata merupakan komoditas pangan. Oleh karena itu, sumber biofuel seharusnya bukan merupakan tanaman komoditas pangan, tetapi tanaman-tanaman yang tidak ditujukan untuk keperluan pangan (*non-edible*).

Selama ini, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati (pangan maupun non pangan) dilakukan melalui proses transesterifikasi; minyak nabati direaksikan dengan alkohol menggunakan katalis. Hasil proses transesterifikasi adalah suatu ester asam lemak rantai panjang (biodiesel) dengan bilangan setana sekitar 45. Dengan demikian biodiesel produk transesterifikasi belum memberikan biofuel berkualitas tinggi (bilangan setana mendekati 100). Selain itu, proses transesterifikasi menghasilkan produk samping berupa gliserol.

Selain dengan proses transesterifikasi, biodiesel dapat diproduksi melalui proses *hydrotreating*. Proses ini belum banyak dikembangkan untuk

menghasilkan biodiesel, Tetapi proses ini berpotensi digunakan pada industri pengilangan minyak untuk pemutusan hidrokarbon rantai panjang (*hydrocracking*), penghilangan sulfur, nitrogen, dan logam dari beberapa turunan minyak bumi, seperti heavy vacuum oil (HVO).

Karena itu penelitian untuk menentukan kondisi reaksi dan katalis perengkahan minyak nabati menjadi alakana rantai lurus dengan sifat-sifat seperti bahan bakar diesel perlu dilakukan. Pada penelitian ini digunakan katalis logam sulfide-lempung aktif yang diperkirakan memiliki aktivitas pada proses tersebut.

## **B. Urgensi / Keutamaan Penelitian**

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai beragam sumber daya alam terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai *biofuel*. Beberapa di antara sumber biofuel yang telah mulai dikembangkan ternyata merupakan komoditas pangan, seperti minyak sawit, minyak kelapa, atau minyak jagung. Penggunaan bahan pangan untuk bahan bakar dapat membahayakan tingkat ketahanan pangan nasional yang dampaknya jauh lebih fatal. Oleh karena itu, sumber biofuel seharusnya bukan merupakan tanaman komoditas pangan, tetapi tanaman-tanaman yang tidak ditujukan untuk keperluan pangan (*non-edible*). Pohon mahoni yang banyak ditanam sebagai pohon peneduh di pingir-pinggir jalan, merupakan salah satu contohnya. Pohon ini menghasilkan biji mahoni yang oleh masyarakat tidak dikonsumsi sebagai bahan pangan, bahkan sering hanya dianggap sampah yang tidak bermanfaat. sering masih dianggap sebagai sampah. Padahal biji mahoni mengandung minyak biji mahoni, suatu trigliserida yang sangat potensial untuk diubah menjadi biodiesel. Hal serupa terdapat pula pada biji karet, yang merupakan “sampah” pada perkebunan karet yang banyak tersebar di Indonesia.

Selama ini, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati dilakukan melalui proses transesterifikasi (McCormick, 2006). Pada proses tersebut, minyak nabati direaksikan dengan alkohol, seperti metanol atau etanol dengan dibantu oleh suatu katalis. Hasil proses transesterifikasi adalah suatu ester asam lemak rantai panjang. Biodiesel produk transesterifikasi mempunyai bilangan setana

tidak tinggi, sekitar 45. Salah satu faktor utama yang menentukan kualitas biodiesel adalah bilangan setana, makin tinggi nilai bilangan setana (maksimum 100), makin tinggi pula kualitas biodiesel yang dihasilkan. Dengan demikian biodiesel produk transesterifikasi belum memberikan *biofuel* berkualitas tinggi. Selain itu, proses transesterifikasi menghasilkan produk samping berupa gliserol. Harga jual biodiesel produk transesterifikasi sangat dipengaruhi oleh penjualan produk sampingnya. Peningkatan produksi biodiesel akan meningkatkan jumlah gliserol yang dihasilkan, sehingga harga gliserol menjadi rendah. Untuk menutupi biaya produksi, maka harga jual biodiesel menjadi lebih tinggi, dan hal ini tentu tidak diharapkan. Satu kelemahan lagi dari proses transesterifikasi adalah perlunya investasi yang cukup besar untuk membangun infrastruktur produksi pada skala pabrikasi.

Selain dengan proses transesterifikasi, biodiesel dapat diproduksi melalui proses *hydrotreating*. Proses ini belum banyak dikembangkan untuk menghasilkan biodiesel, akan tetapi proses ini telah digunakan pada industri pengilangan minyak pemutusan hidrokarbon rantai panjang (*hydrocracking*), penghilangan sulfur, nitrogen, dan logam dari beberapa turunan minyak bumi, seperti heavy vacuum oil (HVO), suatu produk samping pada proses pembuatan aspal. Proses ini berpotensi mengubah minyak biji matahari menjadi biodiesel (Huber dkk., 2007). Produk biodiesel yang dihasilkan adalah alkana rantai lurus yang memiliki kemiripan dengan minyak diesel hasil pengilangan minyak bumi. Proses ini dilakukan dengan bantuan suatu katalis dan berlangsung pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi.

Berbeda dengan proses transesterifikasi, biodiesel yang dihasilkan dari proses *hydrotreating* dapat mempunyai bilangan setana yang tinggi, dapat mencapai nilai di atas 98 (super setana). Biodiesel hasil proses *hydrotreating* adalah suatu alkana rantai lurus dengan panjang rantai n-C<sub>15</sub> hingga n-C<sub>18</sub>, yang tidak tergolong ester asam lemak sebagaimana produk transesterifikasi (Moser, 2007). Selain itu beberapa parameter kualitas bahan bakar solar, seperti kekentalan, kerapatan, titik anilin, kadar residu karbon, kadar air dan sedimen, dan kadar sulfur menunjukkan kualitas yang lebih baik. Keuntungan lain proses

*hydrotreating* dibandingkan dengan transesterifikasi adalah proses ini tidak memerlukan investasi baru untuk membangun infrastruktur produksi, tetapi dapat langsung menggunakan infrastruktur pada industri pengilangan minyak yang telah tersedia.

Dengan berbagai kelebihannya tersebut, pembuatan biodiesel melalui proses *hydrotreating* dari minyak nabati non pangan dapat menjadi salah satu alternatif solusi potensial untuk keberlangsungan pasokan energi dunia. Berdasarkan literatur yang ada, kondisi optimum (tekanan, temperatur, komposisi bahan baku katalis, dan treatment yang diperlukan) serta jenis katalis yang dapat berperan dalam proses tersebut masih dalam proses pencarian. Dengan demikian penelitian untuk menemukan proses dan katalis untuk hidrogenasi katalitik minyak nabati sangat penting untuk dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Biodiesel dan Parameter Spesifikasinya**

Bahan bakar diesel merupakan campuran kompleks dari berbagai senyawa hidrokarbon dengan rantai karbon yang cukup panjang, diperoleh sebagai salah satu fraksi penyulingan minyak bumi. Biodiesel menunjukkan bahan bakar diesel yang berasal dari sumber-sumber terbarukan seperti tanaman. Bahan bakar diesel dikarakterisasi berdasarkan parameter yang dapat menentukan dasar-dasar dari spesifikasi bahan bakar. Parameter tersebut adalah *specific gravity* (massa jenis), *viscositas* (kekentalan), titik anilin, bilangan setana, indeks diesel, *flash point* (titik nyala), *pour point* (titik tuang), nilai kalori, residu karbon, kadar abu, kadar belerang, kandungan air dan endapan, kadar asam dan warna bahan bakar (Demirbas, 2007).

##### 1) Viskositas

Viskositas (kekentalan) adalah suatu besaran atau ukuran yang menyatakan seberapa besar tahanan geser dari bahan cair yang mengalir dalam pipa kapiler. Semakin tinggi viskositas suatu minyak menandakan semakin kental minyak tersebut dan menyebabkan semakin sukar minyak tersebut untuk mengalir. Semakin tinggi temperatur, semakin kecil viskositasnya dan sebaliknya semakin rendah temperatur, semakin besar viskositasnya. Viskositas dapat ditentukan dengan menggunakan viskometer Oswald. Prinsip kerja alat ini adalah membandingkan waktu alir suatu cuplikan dengan aquades sebagai pembanding. Viskositas minyak solar sangat penting artinya, terutama bagi mesin-mesin diesel maupun ketel-ketel uap karena viskositas minyak solar sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar ke dalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui *injector*.

##### 2) Kerapatan (*specific Gravity*)

Kerapatan ditentukan dengan menggunakan alat piknometer. *Specific gravity* adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat minyak solar

terhadap berat air pada volume dan temperatur yang sama. *Specific gravity* biasanya diungkapkan dalam *sp gr @ 60 °F/60 °F*, yang berarti bahwa pengukuran kerapatan minyak solar dan air dilakukan pada suhu 60 °F. *Specific gravity* minyak solar pada umumnya berkisar antara 0,74 dan 0,96.

### 3) Indeks Ignisi

Indeks diesel merupakan indeks 'ignisi' yang berhubungan dengan bilangan setana. Indeks diesel meliputi informasi komposisi dan kerapatan. Titik anilin yang tinggi menunjukkan rendahnya kandungan aromatis dan mengakibatkan tingginya bilangan setana. *API gravity* yang tinggi menunjukkan kerapatan yang rendah. Hal ini menunjukkan tingginya fraksi parafin dan tingginya bilangan setana.

### 4) Titik Anilin

Titik anilin merupakan temperatur terendah dimana sejumlah volume yang sama antara anilin segar dan minyak tercampur. Titik anilin digunakan untuk mengkarakterisasikan hidrokarbon murni dan untuk mengindikasikan kandungan aromatik dalam campuran hidrokarbon. Minyak yang memiliki kandungan aromatik yang tinggi memiliki titik anilin yang rendah dan sebaliknya, minyak yang memiliki kandungan aromatik yang rendah memiliki titik anilin yang tinggi.

### 5) Titik Nyala

Titik nyala merupakan temperatur terendah dimana suatu bahan bakar akan mengalami 'ignisi' bila didekatkan dengan nyala api. Berbeda dengan penerapannya pada kendaraan yang proses ignisinya dipicu oleh sistem pengapian (busi). Titik nyala ini tidak memiliki pengaruh yang besar pada persyaratan pemakaiannya untuk mesin diesel. Namun titik nyala ini diperlukan untuk mengetahui suhu terendah dimana penanganannya dapat dilakukan tanpa mengakibatkan kebakaran.

### 6) Kadar residu karbon

Kadar residu karbon menunjukkan kadar fraksi hidrokarbon yang mempunyai titik didih lebih tinggi dari range bahan bakar. Adanya fraksi hidrokarbon ini menyebabkan menumpuknya residu karbon dalam ruang pembakaran dan dapat mengurangi kinerja mesin. Keberadaan deposit karbon

pada suhu tinggi dapat membara, sehingga menaikkan temperatur silinder pembakaran.

#### 7) Kadar air dan endapan

Keberadaan air pada bahan bakar dapat menyebabkan pembentukan kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Selain itu, keberadaan air dapat menyebabkan korosi dan pertumbuhan mikroorganisme yang juga dapat menyumbat aliran bahan bakar. Begitu juga dengan sedimen, penyumbatan yang terjadi dapat menyebabkan kerusakan pada mesin.

#### 8) Kadar belerang

Belerang yang terdapat dalam bahan bakar memiliki efek yang negatif, baik terhadap mesin diesel maupun terhadap lingkungan. Oleh karena itu, kandungan belerang dalam bahan bakar harus dihilangkan atau diminimalisir. Selama proses pembakaran, belerang berubah menjadi belerang dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan belerang trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang bila bereaksi dengan air akan membentuk asam dan menyebabkan korosi pada bahan logam. Di lingkungan, polutan ini dapat menyebabkan hujan asam.

#### 9) Bilangan setana

Kemampuan bahan bakar untuk berauto-ignisi pada suhu dan tekanan tertentu tepat setelah bahan bakar diinjeksikan merupakan salah satu sifat bahan bakar yang sangat penting. Bilangan setana dan indeks diesel merupakan ukuran untuk sifat ini. Bilangan setana menunjukkan persentase volume n-setana (n-heksadekana) dalam campuran  $\alpha$ -metil naftalen yang akan memberikan penundaan ignisi yang sama pada bahan bakar jika dilakukan pada kondisi standar.  $\alpha$ -metil naftalen memiliki bilangan setana nol dan n-heksadekana memiliki bilangan setana 100.

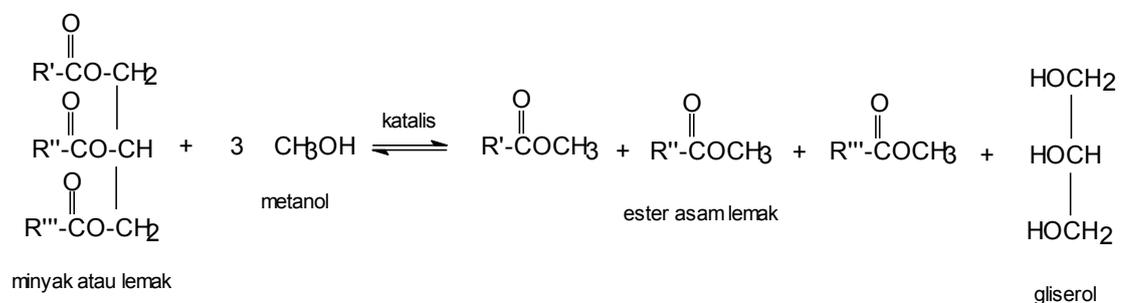
## **B. Pembuatan Biodiesel**

Proses pembuatan biodiesel biasanya dilakukan dengan transesterifikasi, yaitu suatu proses yang menggabungkan minyak nabati atau lemak hewan dengan alkohol (etanol atau metanol) dengan atau tanpa adanya katalis untuk membentuk suatu ester asam lemak (ester metil atau etil asam lemak). Konversi trigliserida

menjadi metil atau etil ester melalui proses transesterifikasi dapat mengurangi massa molekulnya sampai sepertiga kalinya sehingga viskositasnya berkurang dan volatilitasnya bertambah (Prakash, 1998).

Transesterifikasi pada dasarnya merupakan penggantian gugus hidroksil (alkohol) pada ester oleh alkohol lain seperti pada reaksi hidrolisis. Reaksi ini memutuskan ikatan antara ester dengan alkohol, atau biasa disebut dengan “alkoholisis” atau “metanolisis” jika yang digunakan adalah metanol (Gervajio, 2005).

Persamaan reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut :



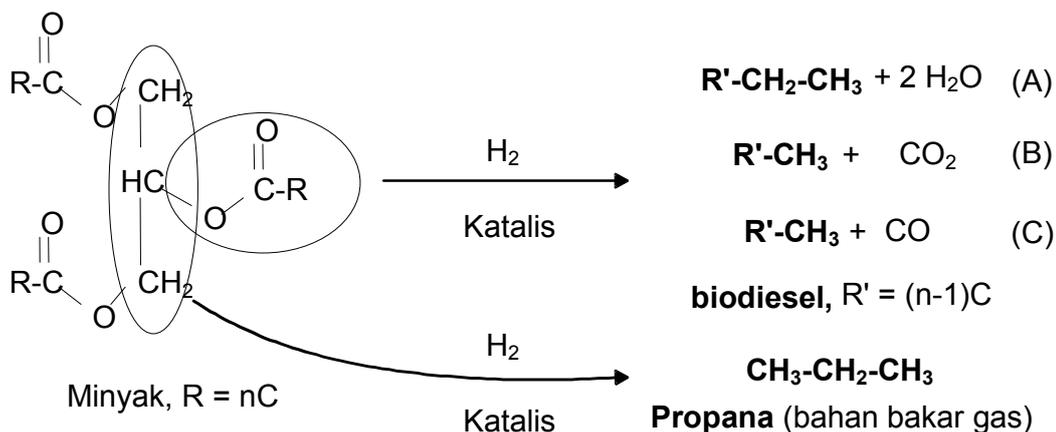
Biaya produksi untuk biodiesel relatif lebih tinggi daripada minyak diesel. Sebagai contoh, di Amerika Serikat harga biodiesel sekitar \$0.66 per liter atau dua sampai tiga kali lipat dari biaya produksi minyak diesel (Carraretto dkk., 2004).

Kelemahan biodisel yang diproses dengan cara transesterifikasi diantaranya viskositas yang tinggi. Mazzocchia dkk. (2004) melaporkan bahwa penggunaan biodisel produk transesterifikasi tanpa mengubah sistem injeksi dapat menyebabkan kekuatan mesin melemah (Prakash, 1998; Rakopoulos, dkk., 2006). Selain itu, harga jual biodiesel akan bergantung pada penjualan produk sampingnya yaitu gliserol. Peningkatan produksi biodiesel akan menyebabkan harga dari gliserol menjadi rendah. Akibatnya, untuk menutupi biaya produksi maka harga jual biodisel hasil transesterifikasi menjadi lebih tinggi (Linnaila, 2005 dalam Huber dkk., 2007).

Alternatif lain untuk mengkonversi trigliserida dari minyak nabati atau lemak hewan menjadi biodiesel adalah dengan proses *hydrotreating* katalitik. Metode ini belum banyak dikembangkan, sehingga diperlukan penelitian lebih

lanjut. Saskatchewan Research Council telah menggunakan proses *hydrotreating* katalitik untuk mengubah “*tall oil*”, suatu produk samping dari industri pulp menjadi biodiesel. Kandungan penting dari *tall oil* adalah asam lemak hidrokarbon tak jenuh (C18), asam resin dan hidrokarbon yang tidak dapat disaponifikasi seperti alkohol/aldehid diterpen. Biodiesel yang dihasilkan dari proses ini biasa disebut “SuperCetane” karena memiliki bilangan setana hampir 60 (Prakash, 1998 ; Moser dkk., 2007).

Reaksi *hydrotreating* minyak nabati (trigliserida) dengan menggunakan katalis menurut Linnaila (2005) adalah sebagai berikut :



()

Gugus propil yang menghubungkan triester akan dihidrogenasi menjadi propana, sedangkan rantai karbon yang membentuk gliserida akan dihidrogenasi menjadi alkana yang sesuai dengan jumlah karbon yang terkandung di dalamnya, baik melalui proses dekarboksilasi (C), dekarbonilasi (B), dan reduksi (A).

Keuntungan dari proses *hydrotreating* katalitik trigliserida adalah menghasilkan berbagai jenis alkana cair berantai C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> yang merupakan biodiesel dengan bilangan setana sangat tinggi (super setana). Reaksi tidak menghasilkan produk samping seperti gliserol, menyebabkan harga pasar dari biodiesel ini tidak bergantung pada harga produk samping. Selain itu, pada skala pabrikasi, reaksi ini dapat dilakukan pada infrastruktur pengilangan minyak yang

telah tersedia. Dengan demikian tidak diperlukan investasi baru untuk membangun peralatan produksi.

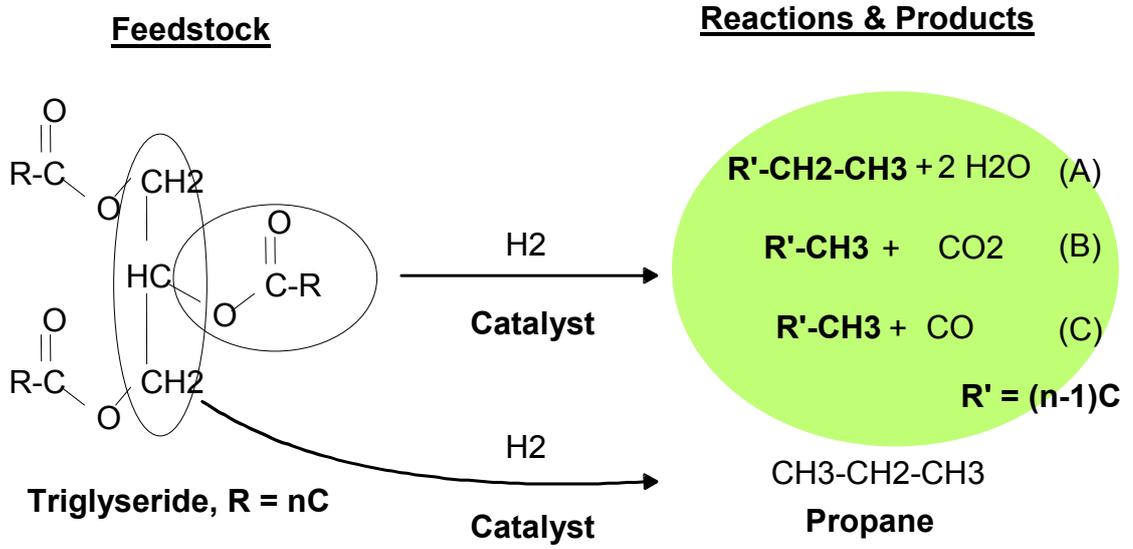
### C. Peran Katalis dalam Proses *Hydrotreating*

Katalis merupakan suatu zat yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi, terlibat dalam proses reaksi, tetapi setelah proses selesai dapat diperoleh kembali (Satterfield, 1991). Katalis yang sering digunakan dalam proses *hydrotreating* trigliserida adalah katalis heterogen, sehingga memudahkan dalam proses pemisahannya.

Katalis tidak langsung digunakan dalam bentuk logamnya, tapi dalam bentuk terimpregnasi pada suatu material pendukung. Dalam bentuk logam (padatan) dengan ukuran sangat halus sekalipun, atom-atom logam tidak mungkin berada dalam kondisi sebagai atom tunggal, melainkan akan berkumpul sebagai suatu agregat sehingga logam yang dapat berinteraksi dengan zat yang akan dikatalisis terbatas yang berada pada permukaan saja. Berbeda halnya bila logam diimpregnasikan pada padatan pendukung tertentu, dapat dikatakan pada kondisi tersebut logam hampir berada dalam bentuk atom tunggalnya, sehingga aktivitas katalisis yang dapat dilakukan lebih baik. (Moulijn, 1993).

Padatan pendukung atau *support material* yang digunakan biasanya adalah alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) atau bisa juga silika ( $\text{SiO}_2$ ). Padatan pendukung tersebut memiliki pori yang cukup merata pada permukaannya, sehingga ion-ion logam akan terdispersi merata pada permukaan alumina atau silika (Moronta, 2005).

Mekanisme katalisis reaksi hidrogenasi ikatan rangkap pada etena oleh logam digambarkan pada Gambar 1. Mekanisme serupa diperkirakan berlangsung pula pada proses *hydrotreating* katalisis trigliserida menggunakan katalis heterogen.



**Gambar 2.1.** Mekanisme katalisis oleh katalis logam pada reaksi hidrogenasi ikatan rangkap

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memperoleh katalis dan proses optimum untuk pembuatan biodiesel super setana dari minyak nabati *non-edible* melalui proses *hydrotreating*. Katalis yang diujicoba adalah Logam Sulfida dan Logam (NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Ni) yang di deposisi pada lempung aktif montmorillonite. Secara operasional tujuan penelitian di atas dapat diturunkan ke dalam beberapa tujuan khusus yang dibedakan untuk setiap tahun penelitian sebagai berikut:

*Tahap Pertama :*

- 1) Mencari jenis katalis logam dan logam sulfida berbasis lempung aktif terbaik untuk mensintesis biodiesel super setana dari beberapa minyak nabati *non-edible* melalui proses *hydrotreating* dalam reaktor sistem *batch*.
- 2) Mendapatkan kondisi optimum dari reaksi sintesis biodiesel super setana melalui proses *hydrotreating* dalam reaktor sistem *batch* untuk setiap jenis minyak nabati *non-edible*.
- 3) Mengetahui jalur reaksi sintesis biodiesel super setana dari beberapa minyak nabati *non-edible* melalui proses *hydrotreating* dalam reaktor sistem *batch*.

*Tahap Kedua :*

- 1) Mendapatkan kondisi optimum dari reaksi sintesis biodiesel super setana melalui proses *hydrotreating* untuk campuran minyak nabati *non-edible* dan *heavy vacuum oil (HVO)* dalam reaktor sistem *batch*.
- 2) Mendapatkan kondisi optimum dari reaksi sintesis biodiesel super setana melalui proses *hydrotreating* untuk campuran minyak nabati *non-edible* dan *heavy vacuum oil (HVO)* dalam reaktor sistem *fixed bed*.

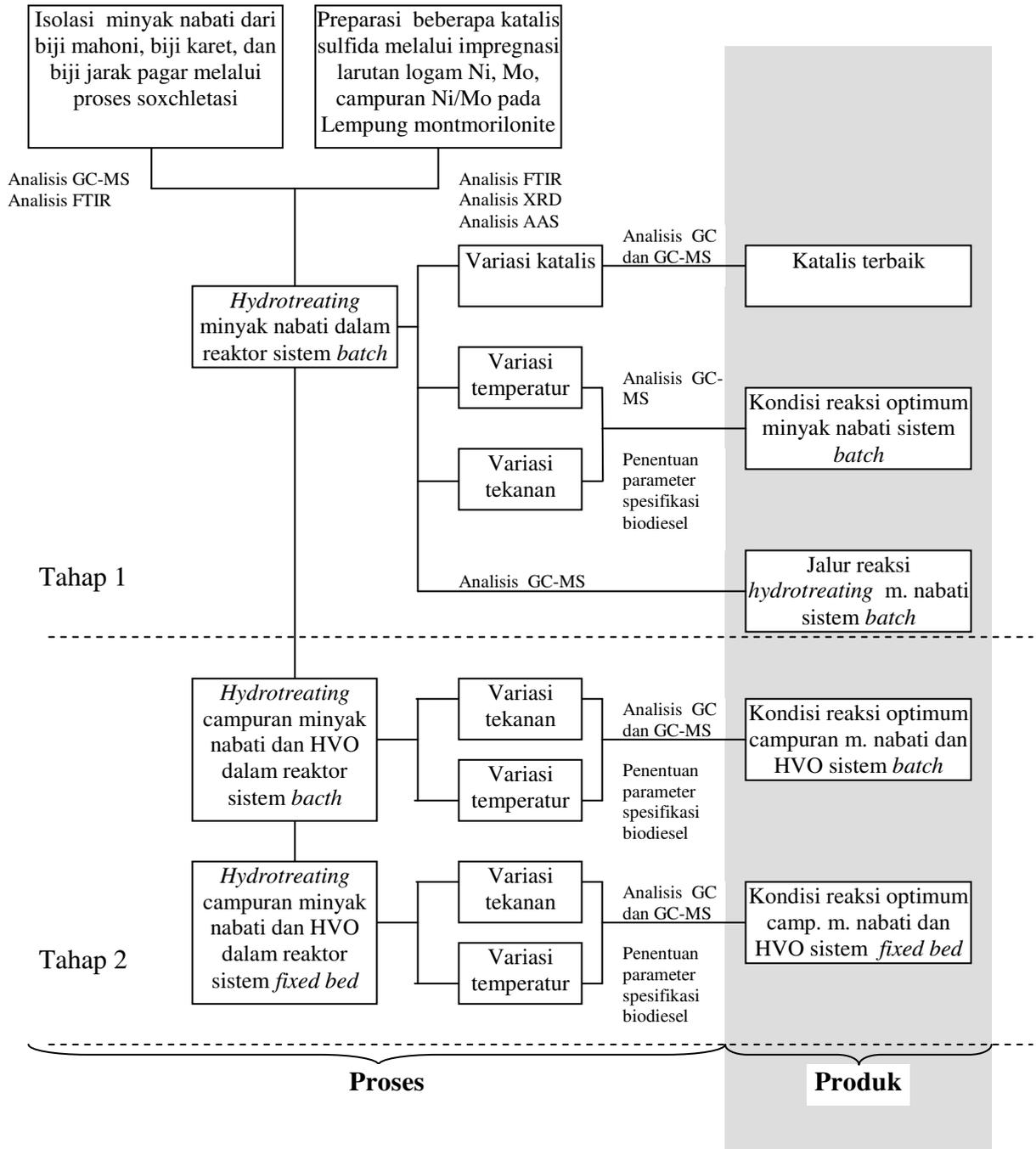
## **B. Manfaat Penelitian**

Melalui penelitian ini, dengan diperolehnya katalis dan hasil penelusuran proses optimum untuk pembuatan biodiesel super setana dari minyak nabati *non-edible* melalui proses *hydrotreating*, dapat dijadikan salah satu metode alternatif sebagai solusi potensial untuk keberlangsungan pasokan energi dunia. Selain itu, pada skala industri, metode yang dikembangkan memiliki peluang untuk dapat memanfaatkan infrastruktur pengilangan minyak yang telah dibangun secara langsung, sehingga tidak memerlukan investasi peralatan produksi baru.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### A. Alur Penelitian

Alur penelitian yang diusulkan disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Alur penelitian

Pada proses pelaksanaan penelitian, dilakukan beberapa penyesuaian dari alur yang telah direncanakan, diantaranya untuk bahan baku minyak nabati digunakan RBDPO (Refined, Bleached, Deodorized Palm Oil) dan minyak goreng BIMOLI karena pada dasarnya secara struktural hampir tidak ada perbedaan sehingga penyesuaian dilakukan untuk mengefisiensi tahapan penelitian guna mendapatkan katalis dan metode optimum. Setelah katalis dan metode optimum diperoleh, maka selanjutnya dapat pula diterapkan untuk bahan baku minyak nabati non pangan.

## **B. Prosedur Kerja**

### **Tahap Pertama**

#### **1. Isolasi minyak nabati melalui soxhletasi**

100 g biji mahoni (biji karet, biji jarak pagar) yang telah dirajang halus dibungkus dengan kertas saring, dan dimasukkan ke dalam badan alat soxhlet. Selanjutnya dilakukan proses soxhletasi menggunakan heksana selama 8 jam. Hasil soxhletasi kemudian dievaporasi untuk menghilangkan pelarut heksana, dan menyisakan minyak nabati.

#### **2. Preparasi Katalis Logam dan Logam Sulfida**

Preparasi katalis dilakukan berdasarkan adaptasi prosedur kerja yang telah dikembangkan dalam literatur (Moulijn dkk., 1993; Rautanen, 2002; Fern'andez, dkk., 2007). Adapun tahapan preparasinya adalah sebagai berikut :

##### **- Aktivasi bentonit**

Aktivasi dilakukan dengan mencampurkan bentonit dan HCL 1 N dengan perbandingan 1 gram bentonit FB/ 3 ml HCl 1N kemudian endapan yang terbentuk dipisahkan lalu di netralisir setelah itu dipanaskan.

##### **- Impregnasi**

Pada tahap ini, larutan logam dengan konsentrasi tertentu ditambahkan pada support material (lempung aktif/montmorilonite), dibiarkan beberapa lama, lalu dikeringkan.

- Kalsinasi dilanjutkan dengan reduksi

Kalsinasi dilakukan untuk menghasilkan oksida logam. Setelah itu dihidrogenasi (direduksi) untuk mendapatkan logamnya dalam fasa solid.

### **3. Penelusuran spesifikasi reaktor**

Rancangan reaktor dibuat dengan berbagai model yang kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui kondisi reaktor tersebut. Adapun parameter yang dianalisis pada pengujian ini, diantaranya adalah kapasitas pemanasan dari *heater* yang digunakan, uji coba kebocoran alat, daya tahan alat terhadap parameter suhu, tekanan, dan reaksi kimia.

### **4. Variasi katalis pada *hydrotreating* minyak nabati sistem *batch***

Katalis yang dipreparasi dan diujicobakan diantaranya adalah Ni/Montmorillonite dan bentuk sulfidanya. Minyak nabati ditambah katalis dimasukkan ke dalam reaktor sistem *batch*. Suhu reaktor diatur pada 300°C, tekanan 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Gas yang dimasukkan adalah 89,8% H<sub>2</sub> dan sisanya N<sub>2</sub>. Hasil reaksi yang berupa cairan dianalisa menggunakan alat kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS) untuk mengetahui komposisi n-alkana. Berdasarkan data yang diperoleh ditentukan katalis terbaik.

### **5. Variasi temperatur pada *hydrotreating* minyak nabati sistem *batch***

Ke dalam reaktor stainless steel sistem *batch* dimasukkan minyak nabati. Selanjutnya ke dalam reaktor ditambahkan katalis hasil preparasi tahap sebelumnya. Tekanan reaktor diatur pada 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Gas yang dimasukkan adalah 89,8% H<sub>2</sub> dan sisanya N<sub>2</sub>. Sementara itu temperatur reaktor diatur secara bervariasi pada 250°C dan 300°C. Hasil reaksi yang berupa cairan dianalisa menggunakan alat kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS) untuk mengetahui komposisi n-alkana. Berdasarkan data yang diperoleh ditentukan kondisi temperatur optimum.

## **6. Variasi tekanan pada *hydrotreating* minyak nabati sistem *batch***

Ke dalam reaktor stainless steel sistem *batch* dimasukkan minyak nabati. Selanjutnya ke dalam reaktor ditambahkan katalis hasil preparasi tahap sebelumnya. Temperatur reaktor diatur pada temperatur optimum, tekanan reaktor diatur bervariasi pada 15, 20, 25, 30, dan 35 Kg/cm<sup>2</sup>. Gas yang dimasukkan adalah 89,8% H<sub>2</sub> dan sisanya N<sub>2</sub>. Hasil reaksi yang berupa cairan dianalisa menggunakan alat kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS) untuk mengetahui komposisi n-alkana. Berdasarkan data yang diperoleh ditentukan kondisi tekanan optimum.

## **7. Penentuan parameter spesifikasi biodiesel pada kondisi optimum**

Pada penelitian ini, parameter yang diamati adalah warna bahan bakar. Parameter spesifikasi biodiesel berupa *specific gravity* (massa jenis), *viscositas* (kekentalan), titik anilin, bilangan setana, indeks diesel, *flash point* (titik nyala), *pour point* (titik tuang), nilai kalori, residu karbon, kadar abu, kadar belerang, kandungan air dan endapan, kadar asam (Demirbas, 2007) belum dianalisis pada tahap penelitian ini.

## **C. Metode Pengolahan Data**

### **1. Penentuan Komposisi Minyak Nabati**

Hasil analisis GC-MS pada minyak nabati diinterpretasi. Jumlah puncak pada kromatogram menunjukkan jumlah komponen asam lemak yang terdapat pada minyak nabati tersebut. Jenis asam lemaknya dapat diketahui dari puncak ion molekuler dan fragmentasi spektrum massa (MS) yang dimiliki oleh setiap puncak pada kromatogram GC. Penentuan jenis asam lemak dapat pula dibantu dengan database pada library MS. Sementara itu komposisi atau persentase setiap jenis asam lemak dapat diketahui dari luas puncak kromatogram GC yang ditunjukkan

## 2. Penentuan Struktur Katalis Hasil Impregnasi

Karakterisasi katalis dilakukan dengan menggunakan instrumen AAS untuk penentuan kandungan komponen aktif pada support, XRD untuk analisa struktur kristal pada katalis yang telah disupport, dan FTIR untuk mengidentifikasi gugus yang terbentuk setelah dilakukan reaksi.

Analisa XRD dilakukan di Laboratorium Tekmira, sedangkan analisa AAS dan FTIR akan dilakukan di Laboratoium Kimia Instrumen UPI.

## 3. Penentuan Katalis, Tekanan, dan Temperatur Optimum

Hasil percobaan variasi katalis, temperatur, dan tekanan dianalisis dengan GCMS sebagai bentuk simulasi destilasi pada proses pengilangan minyak. Kromatogram GCMS dibagi ke dalam beberapa rentang suhu destilasi berdasarkan waktu retensinya. Setiap rentang waktu retensi tertentu menunjukkan rentang suhu setiap fraksi destilasi. Setiap fraksi destilasi menunjukkan komponen utama yang terkandung di dalamnya. Sementara itu, jumlah destilat pada setiap fraksi destilasi ditunjukkan oleh luas kromatogram-kromatogram yang terdapat pada rentang tersebut yang ekuivalen dengan persentase (komposisi) dari setiap komponen. Rentang suhu setiap fraksi destilasi dan komponen utama yang terkandung di dalamnya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

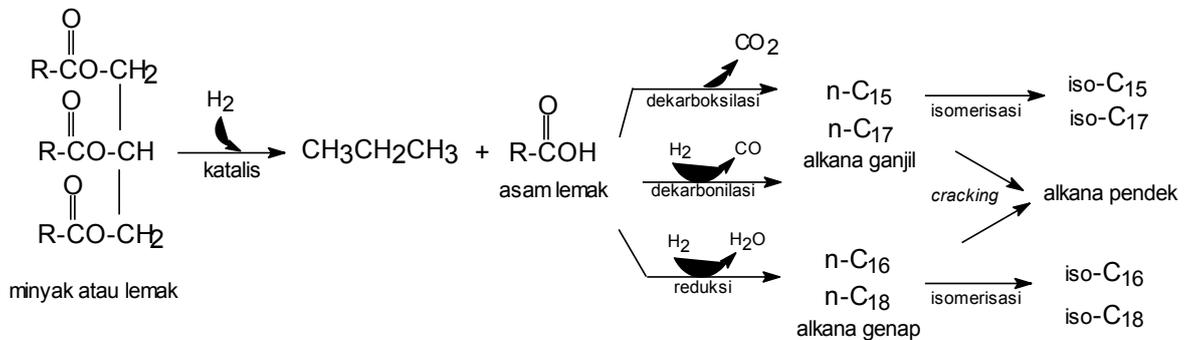
**Tabel 4.1.** Rentang suhu destilasi dan komponen utama yang terkandung

No	Rentang suhu destilasi (°C)	Komponen utama
1	-50 – 65	CO <sub>2</sub> , CO, propana
2	65-150	Alkana rantai lurus n-C <sub>5</sub> hingga n-C <sub>8</sub> .
3	150-250	Alkana rantai lurus n-C <sub>9</sub> hingga n-C <sub>14</sub> .
4	250-380	Alkana rantai lurus, n-C <sub>15</sub> , n-C <sub>16</sub> , n-C <sub>17</sub> , dan n-C <sub>18</sub>
5	380-520	Intermediet teroksigenasi

Proses *hydrotreating* yang paling optimum adalah yang menghasilkan fraksi pada rentang 250-380°C atau yang menghasilkan alkana rantai lurus n-C<sub>15</sub> hingga n-C<sub>18</sub> paling banyak.

#### 4. Penentuan jalur reaksi *hydrotreating* katalitik

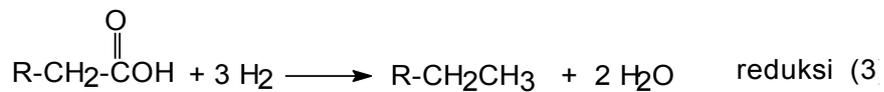
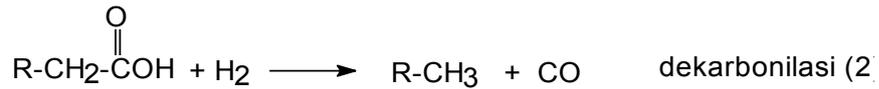
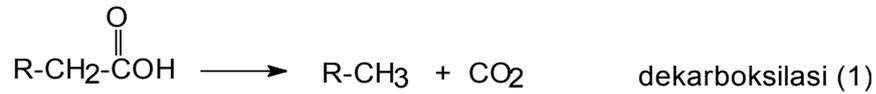
Setiap produk *hydrotreating*, baik pada percobaan variasi temperatur, maupun tekanan dianalisis dengan GC-MS. Berdasarkan data kromatogram GC yang diperoleh dapat diketahui jumlah, dan persentase masing-masing komponen produk, sedangkan dari data spektrum MS dapat diketahui jenis senyawa yang dihasilkan. Setelah dibandingkan dengan komposisi awal bahan bakunya, yaitu komposisi minyak nabati yang digunakan, maka dapat diketahui jalur reaksi yang berlangsung, apakah melalui dekarboksilasi, dekarbonilasi, reduksi, isomerisasi, atau yang lain (Gambar 4.2). Demikian pula, pengaruh peningkatan temperatur atau tekanan reaksi terhadap jalur reaksi yang berlangsung.



**Gambar 4.2.** Jalur reaksi konversi minyak menjadi alkana

Sebagai contoh, bila produk merupakan alkana rantai lurus yang mempunyai jumlah atom karbon kurang satu dari jumlah atom karbon asam lemak bahan baku (alkana ganjil), maka jalur reaksi berlangsung melalui dekarboksilasi (reaksi 1), atau dekarbonilasi (reaksi 2). Pada dekarboksilasi, proses tidak melibatkan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), sedangkan pada dekarbonilasi melibatkan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Perbedaan keduanya dapat dilacak dari jumlah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$  yang dihasilkan reaksi. Akan tetapi, bila produk yang dihasilkan adalah alkana rantai lurus dengan jumlah atom karbon sama dengan jumlah atom karbon asam lemak bahan baku (alkana genap), maka proses berlangsung melalui reduksi (reaksi 3). Selain itu, bila dihasilkan produk berupa alkana rantai bercabang, maka jalur reaksi berlangsung melalui proses isomerisasi.

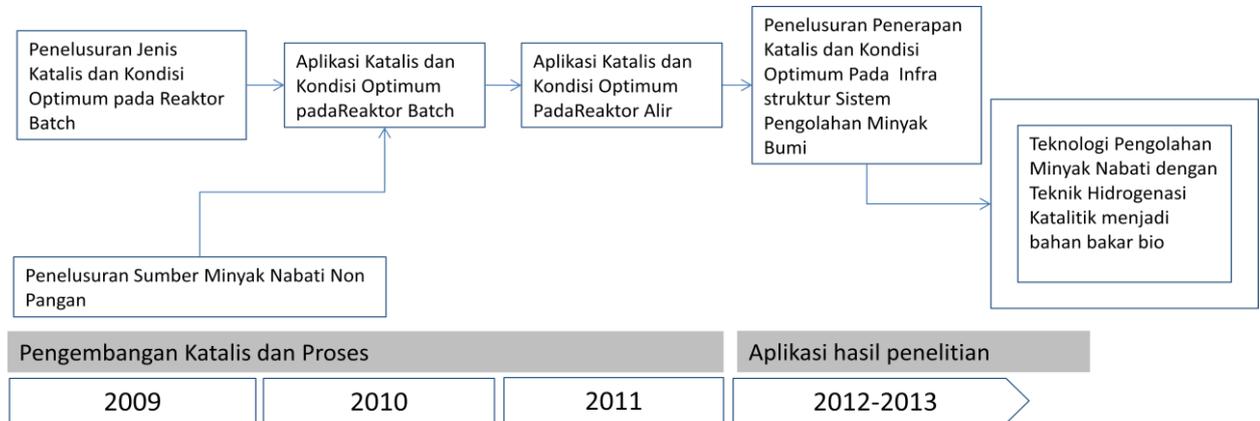
Sementara itu, bila produk yang dihasilkan adalah alkana-alkana rantai pendek, maka jalur reaksi diperkirakan berlangsung melalui proses *cracking*.



Jumlah hidrogen yang diperlukan makin menurun sesuai urutan jalur reduksi > dekarbonilasi > dekarboksilasi. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan ekonomis, terkait dengan harga gas hidrogen dan jenis produk reaksi yang diinginkan. Produk berupa alkana rantai lurus menghasilkan biodiesel dengan bilangan setana tinggi, yang sangat ideal untuk aditif bahan bakar diesel. Akan tetapi, persentase besar dari alkana rantai lurus dalam fraksi bahan bakar diesel dapat meningkatkan cloud point bahan bakar diesel, sehingga proses isomerisasi alkana rantai lurus dapat diperlukan. Bila yang dikehendaki adalah biodiesel dengan bilangan setana tinggi, maka proses isomerisasi dan *cracking* harus diminimalisir. Kondisi reaksi yang tepat untuk jalur reaksi yang dikehendaki dapat dipelajari dari berbagai percobaan variasi temperatur dan tekanan.

Pada kelompok penelitian Kimia Material, penelitian tentang pengembangan katalis dan proses pengolahan minyak nabati menjadi biodiesel telah dilakukan (Hadyan, 2007) menggunakan reaktor rakitan. Penelitian menunjukkan bahwa dengan katalis Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Mo-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan proses yang dikembangkan konversi minyak nabati menjadi alkana dengan panjang rantai C 15-18 (biodiesel) dapat berlangsung walaupun dengan rendemen hasil yang masih rendah. Tahap pengembangan katalis dan proses konversi minyak nabati menjadi

biodiesel yang dilakukan di kelompok peneliti pengusul diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Roadmap penelitian dan pengembangan teknologi konversi minyak nabati menjadi bahan bakar

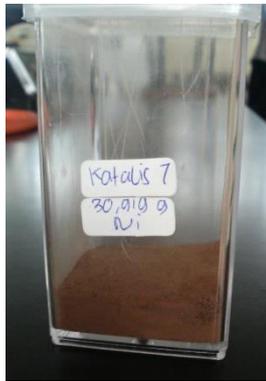
## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Sintesis Katalis

##### 1. Sintesis Katalis Logam Terpillar (Ni-Montmorilonit)

Pada penelitian ini disintesis satu jenis katalis lempung terpillar yaitu Ni-PilC (*pillared clay*), dengan prekursor logam nikel yang berasal dari  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan menggunakan metode *wet impregnation*, yaitu menginterkalasikan logam nikel ke dalam material penyangga bentonit dalam keadaan larutannya.



**Gambar 5.1** Tampilan fisik katalis Ni-PilC

Proses pilarisasi bentonit menggunakan nikel terdiri dari beberapa tahapan yaitu aktivasi bentonit, pembuatan larutan polioksokation, pencucian, dan kalsinasi. Proses aktivasi bentonit dilakukan dengan mencampurkan bentonit dalam larutan HCl 1N (1 gram bentonit untuk setiap 3 mL HCl 1N) yang diaduk selama kurang lebih 3 jam, dengan 1 jam pertama dilakukan pengadukan yang disertai pemanasan pada suhu  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada kecepatan 600 rpm. Pengadukan kuat tersebut dilakukan dengan tujuan agar kation-kation lembaran terhidrasi sehingga jarak antar lembaran bertambah. Kation-kation tersebut dapat dipertukarkan dengan polioksokation yang mempunyai ukuran lebih besar. Dilakukannya pemanasan bertujuan agar proses hidrasi berlangsung lebih optimal.

Pembuatan larutan polioksokation merupakan salah satu tahap terpenting dalam proses pilarisasi. Pada pembuatan larutan polioksokation, 58,2 gram

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam 240 mL larutan  $\text{NaOH}$  2N dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 600 rpm pada temperatur ruang hingga homogen. Pengadukan kuat tersebut bertujuan agar dihasilkan polioksokation yang lebih banyak. Semakin banyak polioksokation yang terbentuk semakin besar kemungkinan terbentuk pilar setelah dikalsinasi. Banyaknya pilar akan mempengaruhi luas permukaan spesifiknya. Luas permukaan spesifik yang besar akan diperoleh jika pilar yang terbentuk cukup banyak.

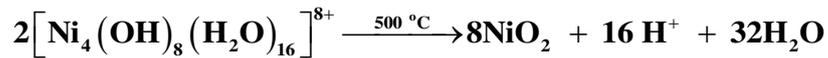
Proses pertukaran ion dilakukan dengan cara mencampurkan larutan polioksokation dengan suspensi bentonit 2% (b/v) dengan pengadukan pada kecepatan 600 rpm selama 24 jam. Pengadukan ini bertujuan untuk mempercepat proses pertukaran ion antara kation pada bentonit dengan polioksokation nikel agar diperoleh bentonit terpillarisasi nikel yang mempunyai stabilitas cukup tinggi terhadap pengaruh termal. Pada suhu tinggi distribusi kation lebih homogen sehingga bentonit terpillarisasi nikel mempunyai stabilitas yang tinggi terhadap suhu. Proses pertukaran ion dapat dipercepat dengan memberikan energi. Namun pada penelitian ini tidak ada energi yang ditambahkan selain energi kinetik pada proses pengadukan yang sangat kuat. Dengan adanya tambahan energi kation-kation akan bergerak dengan lebih cepat.

Pencucian dilakukan sampai endapan yang diperoleh bebas dari  $\text{Cl}^-$ , karena pada reaksi katalis,  $\text{Cl}^-$  merupakan racun bagi aktifitas katalis sehingga produk yang dihasilkan kurang optimal. Untuk mengetahui endapan yang diperoleh bebas  $\text{Cl}^-$ , air hasil pencucian ditetesi dengan  $\text{AgNO}_3$  0,01M. Adanya  $\text{Cl}^-$  pada air hasil cucian akan mengakibatkan terbentuknya endapan putih ( $\text{AgCl}$ ) jika ditetesi  $\text{AgNO}_3$ .

Pengeringan dilakukan pada suhu  $120^\circ\text{C}$  bertujuan untuk menguapkan sebagian molekul-molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang ada di lembaran bentonit. Pada suhu 20 s.d  $120^\circ\text{C}$  molekul air yang ada di lembaran monmorillonit akan lepas karena menguap yang disebut proses dehidrasi.

Kalsinasi dilakukan untuk mengubah polioksokation menjadi oksidanya. Kalsinasi dilakukan selama 5 jam pada temperatur  $500^\circ\text{C}$ . Kenaikan temperatur pada saat kalsinasi sebenarnya perlu diatur agar distribusi pilar merata, namun

karena keterbatasan spesifikasi alat yang digunakan, data tersebut tidak dapat diambil. Pada saat kalsinasi, sejalan dengan peningkatan temperatur, selain terjadi penguapan H<sub>2</sub>O yang masih tersisa juga terjadi perubahan dari polioksokation menjadi oksidanya yang ditunjukkan pada gambar 5.2.



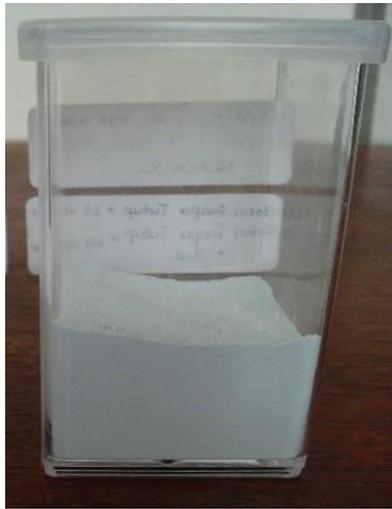
**Gambar 5.2** Persamaan reaksi proses pilarisasi

Oksida yang terbentuk tersebut, tidak lain adalah pilar yang terbentuk melalui ikatan kovalen koordinasi antara nikel dan oksigen yang menyangga struktur interlayer (di antara struktur tetrahedral dari SiO<sub>2</sub>) bentonit sehingga memiliki kestabilan termal yang baik.

## **2. Sintesis Katalis Logam Tersulfidasi (NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

Pada penelitian ini, alumina digunakan sebagai material pendukung. Tampilan fisik alumina berupa zat yang berbentuk serbuk halus berwarna putih. Larutan Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O merupakan larutan yang digunakan sebagai prekursor untuk logam Ni.

Setelah larutan garam prekursor dibuat, maka selanjutnya dilakukan tahap impregnasi. Tahap impregnasi ini bertujuan untuk mendispersikan kation maupun anion dari larutan garam prekursor tersebut pada material pendukungnya, yaitu alumina. Semula alumina berupa serbuk berwarna putih, setelah diimpregnasikan dengan logam Ni warnanya berubah menjadi biru kehijauan. Setelah tahap impregnasi selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah tahap pengeringan dan kalsinasi. Tahap pengeringan dan kalsinasi ini dilakukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik, air, nitrat, dan amoniak serta untuk mengubah kation Ni menjadi bentuk oksidanya. Setelah dikalsinasi, katalis berada dalam bentuk oksidanya menjadi NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Warna katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> setelah dikalsinasi adalah biru kehijauan dengan intensitas warna hijau yang lebih tinggi sedikit bila dibandingkan dengan warna katalis pada tahap impregnasi. Tampilan fisik katalis hasil sintesis diperlihatkan pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3.** Katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

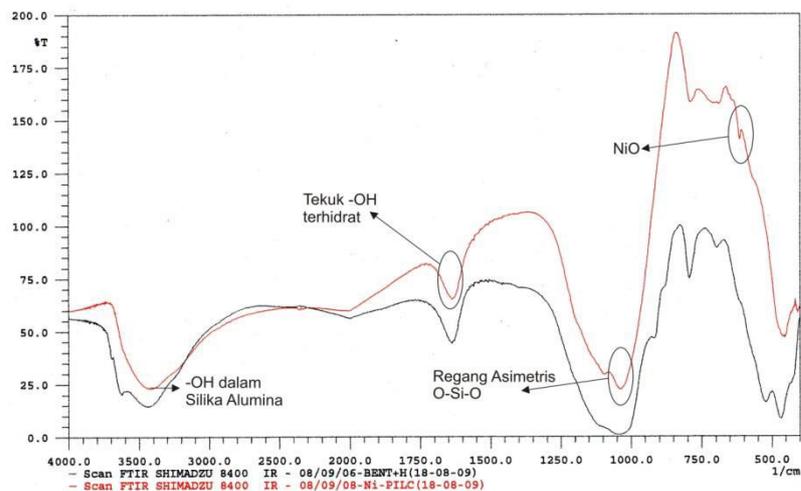
Setelah katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disintesis, katalis tersebut kemudian disulfidasi dengan menggunakan DMS (*dimethyl sulfide*) menjadi katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> setelah itu diuji aktivitasnya dalam proses konversi minyak nabati menjadi n-alkana.

## B. Karakterisasi Katalis

### 1. Analisis FT-IR

#### 1.1. Analisis FT-IR Katalis Ni-PiIC

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan instrumen FT-IR, diperoleh spektra seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4.** Spektra FTIR H bentonit dan Ni-PiIC

Spektra warna hitam merupakan spektra dari bentonit teraktivasi asam sedangkan spektra berwarna merah merupakan spektra dari katalis Ni-PilC. Terlihat jelas bahwa pada bilangan gelombang  $470\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi tekuk Si-O,  $520\text{ cm}^{-1}$  untuk regang Mg-O,  $1635\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus tekuk air terhidrat, dan gugus regang asimetris O-Si-O pada bilangan gelombang  $1050\text{ cm}^{-1}$  sebagai gugus khas dari material penyangga bentonit yang terdiri dari alumina dan silika (Stuart. Barbara. 2005).

Pada bilangan gelombang  $650\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi khas yang menunjukkan gugus khas Ni-O (Rifan Hardian, 2008). Hal tersebut mengindikasikan bahwa Ni-O telah berhasil diimpregnasikan pada bentonit.

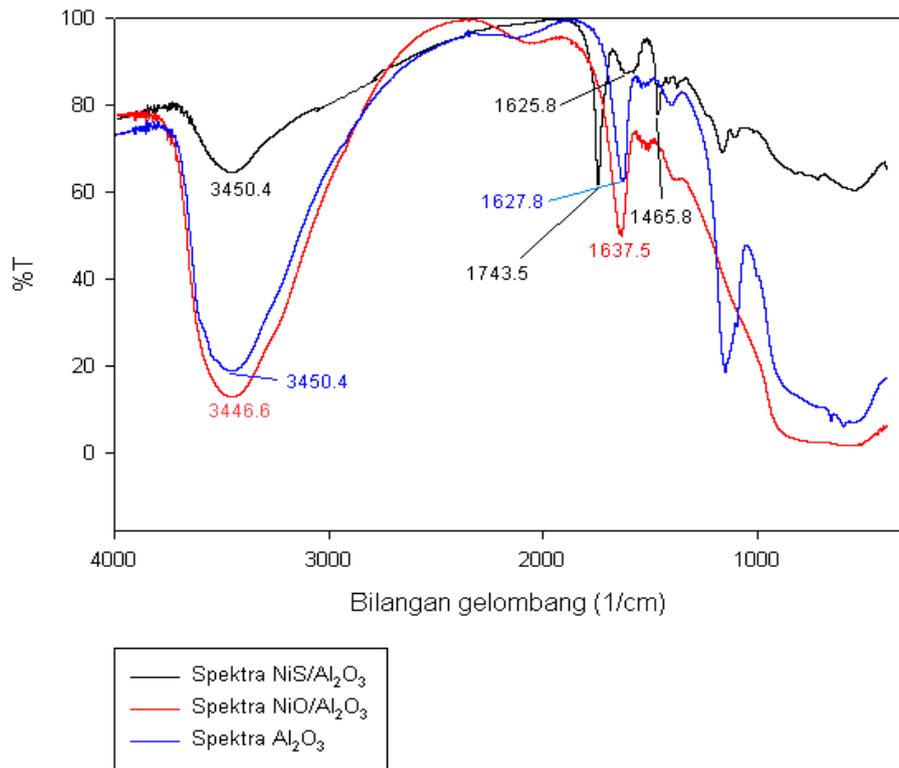
Spektra dengan bilangan gelombang  $825\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya keberadaan asam organik yang berasal dari bentonit, yang hilang ketika dikalsinasi. Hal tersebut ditunjukkan dengan tidak adanya puncak spesifik pada bilangan gelombang tersebut pada spektra katalis Ni-PilC.

## **1.2. Analisis FT-IR Katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Analisis FT-IR dilakukan untuk mengetahui gugus yang terbentuk dari proses sintesis. Analisis ini dilakukan dengan cara membandingkan spektra FT-IR Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Gambar spektra ketiga zat tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.5.

Berdasarkan gambar ketiga spektra FTIR tersebut, spektra yang berwarna hitam merupakan spektra FTIR untuk NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dari spektra NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, menunjukkan adanya vibrasi yang khas untuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, yaitu pada bilangan gelombang  $1637,5\text{ cm}^{-1}$  yang pada spektra Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (berwarna merah) terdapat pada bilangan gelombang  $1627,8\text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan literatur, vibrasi yang khas untuk gugus NiO terdapat pada bilangan gelombang  $825\text{ cm}^{-1}$ , tetapi pada spektra NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tidak terdapat puncak pada bilangan gelombang tersebut. Pada spektra NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga menunjukkan adanya vibrasi yang khas untuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, tetapi tidak terlalu tajam, yaitu pada bilangan gelombang  $1625,8\text{ cm}^{-1}$ , yang pada spektra Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (berwarna merah) terdapat pada bilangan gelombang  $1627,8\text{ cm}^{-1}$ . Pada spektra NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (biru) terdapat puncak-puncak baru yang tidak ditemukan pada

spektra NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hitam) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (merah). Puncak-puncak tersebut berada pada bilangan gelombang 1465,8 cm<sup>-1</sup> dan 1743,5 cm<sup>-1</sup>. Adanya puncak-puncak tersebut, kemungkinan disebabkan karena adanya vibrasi dari gugus NiS. Tetapi literatur mengenai vibrasi yang khas dari gugus NiS belum didapatkan.



**Gambar 5.5.** Spektra FTIR Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

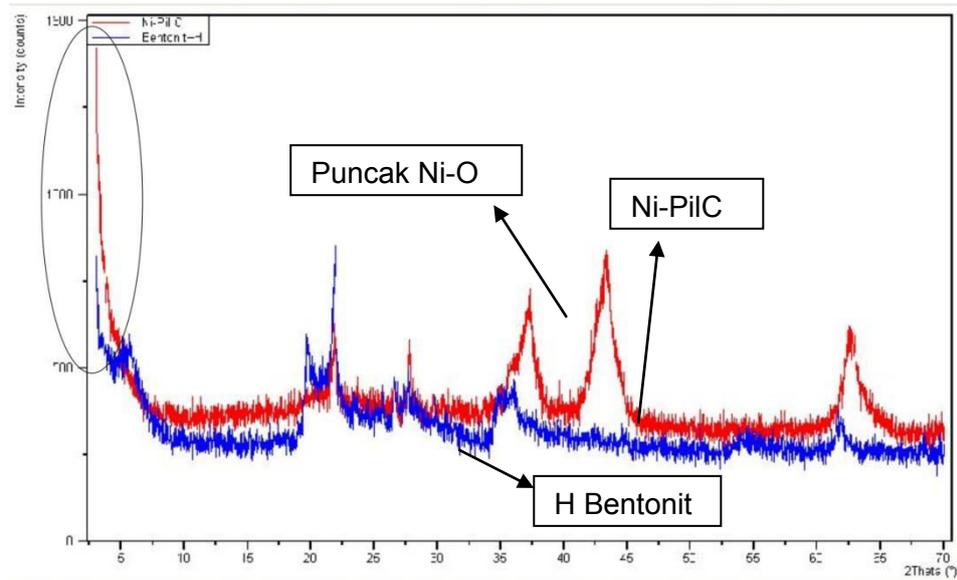
## 2. Analisis XRD

### 2.1. Analisis XRD Katalis Ni-PilC

Difraksi sinar-X adalah metode yang penting untuk karakterisasi mineral dalam bentuk kristal. Penggunaan metode difraksi sinar-X sering dipakai untuk mengidentifikasi kristal dengan mengukur pola difraksi pada daerah sudut difraksi ( $2\theta$ ) tertentu, yang dapat memberikan keterangan tentang struktur kristal secara spesifik (Klug dan Alexander, 1962).

Identifikasi struktur kristal bentonit teraktivasi dilakukan dengan membandingkan harga  $d$  pada puncak-puncak difraktogram monmorillonit standar dari JCPDS (*Joint Committee For Powder Diffraction Standart*), sedangkan untuk

identifikasi bentonit terpillar dilakukan dengan membandingkan pola puncak-puncak difraktogram bentonit sebelum dan sesudah terpillar. Jika harga  $d$  di antara puncak-puncak difraksi sampel dan standar memiliki simpangan  $\pm 0,01$  (Cillity, 1978) maka puncak-puncak tersebut dihasilkan dari bidang difraksi yang sama pada struktur kristal yang sama.



**Gambar 5.6.** Difraktogram XRD H bentonit dan Ni-PiIC

Puncak baru pada difraktogram dengan  $2\theta$  48,4215 menunjukkan kemungkinan adanya keberadaan Ni-O dengan intensitas yang cukup kuat. Hal tersebut didukung dengan data AAS yang menyatakan bahwa persentase logam nikel total mencapai 25,78%. Dengan persentase yang sedemikian besarnya, sangat dimungkinkan untuk terjadinya perubahan pola difraksi akibat adanya Ni-O tersebut.

H Bentonit mempunyai kesamaan posisi dengan standar yaitu terkait puncak dengan  $2\theta$   $19^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , dan  $36^{\circ}$  seperti ditunjukkan pada tabel 5.1, sehingga dapat dipastikan bahwa H bentonit mempunyai struktur kristal mirip struktur kristal standar. Karena suatu sampel bisa dipastikan mempunyai struktur kristal sama seperti standar jika pada sampel minimal terdapat tiga puncak utama yang terdapat pada standar. Pola difraksi H bentonit dan Ni-PiIC ditunjukkan pada gambar 5.6.

**Tabel 5.1** Perbandingan d dan intensitas H Bentonit terhadap Standar (Monmorillonit)

No.	H Bentonit			JCPDS		
	2 $\theta$	d	intensitas	2 $\theta$	d	intensitas
1	5.8002	15.22491	22.86	19,78	4,49*	50
2	19.7026	4.50226*	54.98	25,6	3,5	100
3	21.8705	4.06063	100.00	31,23	2,88	6b
4	23.4317	3.79348	15.77	34,91	2,56*	15
5	26.5455	3.35515	20.62	36,51	2,5*	15
6	27.6624	3.22216	25.70	37,72	2,34	20b
7	34.7877	2.57678*	22.20	45,48	1,98	6b
8	36.0133	2.49185*	22.36	50,05	1,82	4b
9	61.7438	1.50121	14.96	55,81	1,66	6b

Keterangan: \* = tiga nilai d yang mencirikan kedua sampel berasal dari struktur kristal yang sama

Keberhasilan proses pilarisasi dapat diketahui dengan membandingkan bentonit yang telah terpilarisasi nikel (Ni-PiIC) dengan bentonit teraktivasi asam. Terjadinya pilarisasi ditunjukkan adanya pergeseran puncak karakteristik d(001) ke arah 2 $\theta$  yang lebih kecil atau harga d(001) lebih besar dan perubahan intensitas puncak (Narayanan *et al.* 2000 dan Haerudin *et al.* 2002). Puncak karakteristik tersebut biasanya pada 2 $\theta$  dibawah 10 $^{\circ}$ .

Bentonit yang telah mengalami proses pemiliran oleh nikel mengalami peningkatan harga d, seperti ditunjukkan tabel 5.2 dan gambar 5.6. H bentonit memiliki harga d 15,225 Å. Setelah terpilarisasi nikel, bentonit memiliki harga d 25,802 Å. Meningkatkan sekitar 69,47%. Cukup signifikan untuk dapat digunakan sebagai katalis pada reaksi *hydrocracking* minyak nabati.

**Tabel 5.2** Perbandingan nilai 2 $\theta$ , d, dan intensitas Bentonit Teraktivasi Asam dengan Ni-PiIC

No	H Bentonit			Ni-PiIC		
	2 $\theta$	d (Å)	Intensitas	2 $\theta$	d (Å)	Intensitas
1	5.8002	15.22491	22.86	3.4215	25.80239	97.50
2	21.8705	4.06063	100.00	21.9020	4.05485	45.35
3	23.4317	3.79348	15.77	26.5495	3.35466	9.91
4	26.5455	3.35515	20.62	27.7547	3.21167	40.72
5	27.6624	3.22216	25.70	37.3268	2.40713	58.21
6	34.7877	2.57678	22.20	43.2323	2.09101	100.00
7	36.0133	2.49185	22.36	48.4215	1.87835	4.87
8	61.7438	1.50121	14.96	62.5008	1.48483	58.93

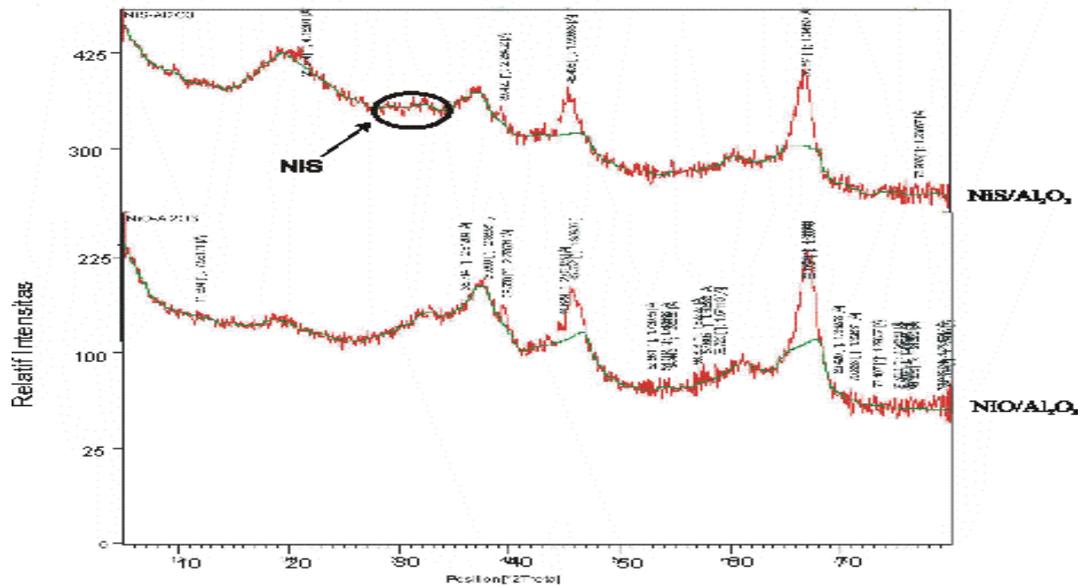
Menurut standar JCPDS, puncak karakteristik d (001) terletak pada  $2\theta$   $6,23^\circ$  dan mempunyai harga d sebesar  $14,2 \text{ \AA}$ . Namun demikian mengacu pada jurnal (Narayan *et. al.* (2000) harga d sama dengan  $12,62 \text{ \AA}$ ; Rhouta *et.al.* (2006) harga d sama dengan  $9 \text{ \AA}$ ; Chavez-Garcia *et. al.* (2006) harga d sama dengan  $12,50 \text{ \AA}$ ) dianggap sebagai d(001).

Dari penelitian ini yang paling mendekati harga d(001) standar montmorillonite adalah harga d sama dengan  $15,225 \text{ \AA}$  sehingga harga d tersebut dianggap d(001). Harga d(001) mengalami peningkatan setelah proses pilarisasi. Hal ini disebabkan oleh adanya pilar oksida nikel Ni-O yang berasal dari polioksokation nikel, dimana polioksokation nikel mempunyai ukuran lebih besar dari kation  $H^+$  maupun  $H_2O$ . Adanya oksida nikel yang berukuran lebih besar menyebabkan ukuran unit sel menjadi besar sehingga harga d(001) meningkat. Menurut Klorogge (2002), polioksokation nikel mempunyai ukuran lebar  $7,98 \text{ \AA}$  dan tinggi  $5,32 \text{ \AA}$ . Oksida nikel yang berfungsi sebagai pilar menyebabkan struktur lembaran tidak runtuh dengan adanya pemanasan.

Setelah proses pilarisasi terjadi peningkatan intensitas. Hal itu disebabkan karena adanya nikel akan menambah jenis atom. Menurut West (1984) semakin banyak atom maka semakin banyak elektron yang mendifraksikan sinar-X sehingga intensitasnya meningkat.

### **2.1. Analisis XRD Katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Karakterisasi katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dilakukan dengan menggunakan XRD. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan spektra XRD NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan spektra XRD NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Gambar spektra XRD kedua zat tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Spektra XRD NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Tabel 5.3. Puncak difraktogram NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Puncak NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Puncak NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			Puncak NiS/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
[2θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	[2θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
37.6564	2.38681	9.83			
39.5582*	2.27634*	18.39	21.3735	4.15391	19.11
44.6292	2.02875	16.73	39.4196*	2.28401*	15.18
45.5620*	1.99588*	47.58	45.4048*	1.99588*	54.91
66.5700	1.40360	76.03	66.8443*	1.39850*	100.00
66.9375*	1.39678*	100.00	76.9065	1.23867	7.80
76.3060	1.24692	6.43			

Berdasarkan data puncak difraktogram NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, terdapat 3 titik yang mirip (titik yang diberi tanda bintang) dengan titik yang terdapat pada peak list NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Adanya ketiga titik yang sama menunjukkan adanya senyawa yang sama pada kedua zat tersebut. Pada spektra XRD untuk NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terdapat puncak yang lemah pada rentang 2θ antara 28°-33,5°. Puncak tersebut adalah puncak dari NiS, karena berdasarkan literatur (Castro et. al, 2009), NiS menunjukkan puncak yang lemah pada titik 2θ = 23°-33°.

### 3. Analisis AAS

#### 3.1. Penentuan Kadar Logam Nikel dalam Katalis Ni-PilC

Analisis AAS dilakukan terhadap Ni-PilC dengan terlebih dahulu dilarutkan dalam pelarutnya (Aqua regia) yang dilakukan di Laboratorium Kimia Instrumen UPI. Parameter operasi pada instrumen AAS dan data yang diperoleh dari hasil analisis AAS diperlihatkan pada tabel 5.4.

##### Parameter Operasi:

Bahan bakar : Asetilen – udara  
Laju alir : 2 : 4  
Panjang Gelombang : 232 nm  
Pengulangan : Triplo

**Tabel 5.4.** Data analisis AAS sampel Ni-PilC

Sampel	Absorbansi	kadar Ni (mg/L)	Ni real (Mg/L)
Ni-PilC	0,551	21,192	2119,231

Kandungan logam nikel dalam larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yang telah diencerkan 100 kali dari sampel aslinya yang berupa serbuk terukur oleh AAS menunjukkan nilai absorbansi 0,551 yang berdasarkan perhitungan diperoleh kadar logam nikel setelah dikali faktor pengali 100 kali yaitu sebesar 25,78%.

#### 3.2. Penentuan Kadar Logam Nikel dalam Katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Analisis dengan menggunakan AAS ini dilakukan untuk mengetahui kandungan prekursor Ni dalam katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Untuk mengetahui kandungan prekursor Ni dalam katalis, maka dilakukan analisis AAS terhadap sampel NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Parameter pengukuran pada instrumen AAS dan data yang diperoleh dari hasil analisis AAS diperlihatkan pada Tabel 5.5.

##### Parameter Operasi:

Bahan Bakar : Asetilena – Udara  
Laju Alir : 2 : 4

Lamp. Current : 7 mA  
 Panjang Gelombang : 232.0 nm  
 Pengulangan : 3 (triplo)

**Tabel 5.5.** Data Analisis AAS Sampel NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Data Kalibrasi		Data Pengukuran Sampel			% Ni
Ni (ppm)	Absorbansi	Sampel	Absorbansi	Ni (ppm)	
0	0	NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.654	28,435	0,670
7	0,199				
14	0,308				
21	0,514				
28	0,622	Kadar Ni dalam sampel = 28.435 ppm			

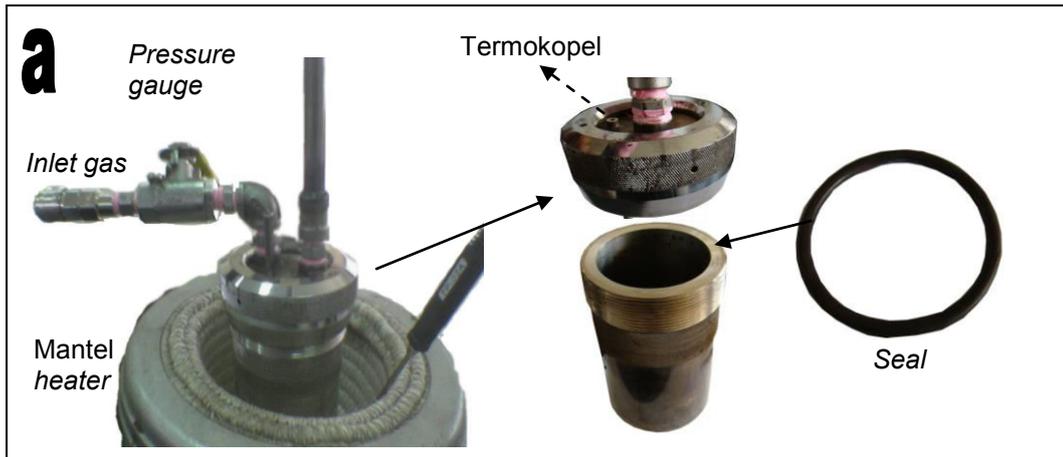
Sampel yang digunakan untuk mengetahui kandungan prekursor logam Ni adalah sampel NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sampel NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan berbentuk padatan, oleh karena itu metode yang digunakan dalam pengukuran menggunakan alat AAS adalah metode destruksi. Sebagaimana diperlihatkan pada tabel 5.5, kadar Ni dalam sampel adalah sebesar 28,435 ppm dan persentase Ni dalam sampel adalah 0,670%.

### C. Penelusuran Kondisi Reaktor

Rancangan reaktor dibuat dengan berbagai model yang kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui kondisi reaktor tersebut. Adapun parameter yang diuji, diantaranya adalah kapasitas pemanasan dari *heater* yang digunakan, uji kebocoran rangkaian reaktor, daya tahan rangkaian reaktor terhadap parameter suhu, tekanan, dan reaksi kimia.

#### Rancangan Reaktor

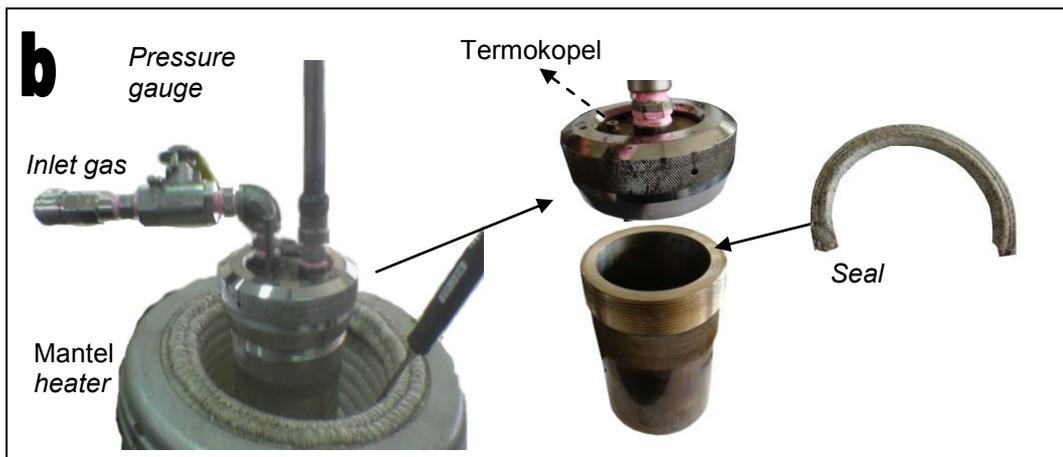
Beberapa macam reaktor yang telah dibuat berdasarkan modifikasi yang disesuaikan terhadap kondisi yang diharapkan, diantaranya adalah reaktor tipe A, reaktor tipe B, reaktor tipe C, reaktor tipe D, reaktor tipe E, dan reaktor tipe F yang diperlihatkan pada Gambar 5.8 sampai 5.13 dengan spesifikasinya masing-masing.



**Gambar 5.8** Reaktor Tipe A

Spesifikasi :

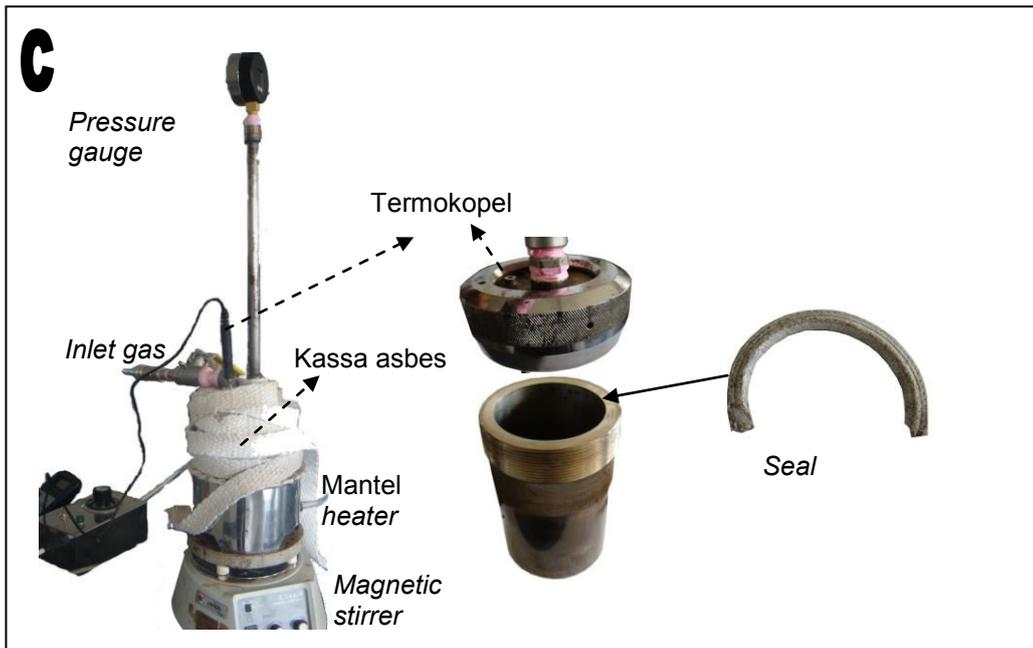
- Bahan reaktor, pipa, sambungan pipa, dan kran terbuat dari stainless steel.
- Mantel heater yang digunakan memiliki dinding yang tebal.
- Tidak dilengkapi dengan stirer.
- Sistem yang digunakan sebagai tutup reaktor menggunakan *seal* yang terbuat dari polimer.



**Gambar 5.9** Reaktor Tipe B

Spesifikasi :

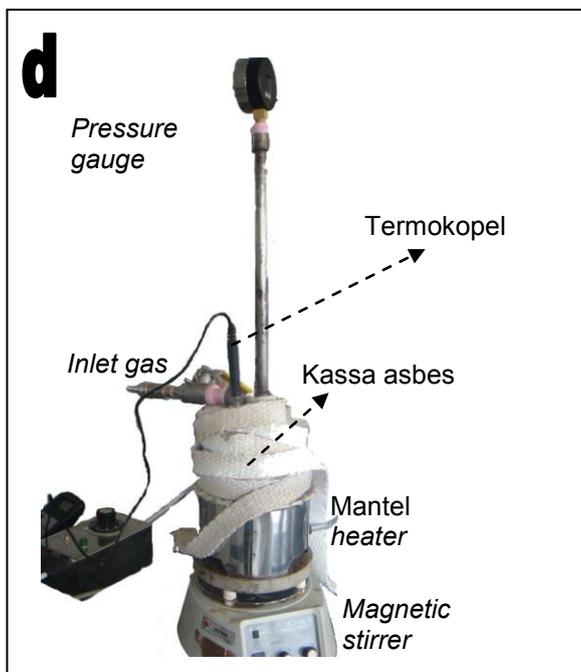
- Bahan reaktor, pipa, sambungan pipa, dan kran terbuat dari stainless steel.
- Mantel heater yang digunakan memiliki dinding yang tebal.
- Tidak dilengkapi dengan stirer.
- Sistem yang digunakan sebagai tutup reaktor menggunakan *seal* yang terbuat dari garlo (semacam asbes).



**Gambar 5.10** Reaktor Tipe C

Spesifikasi :

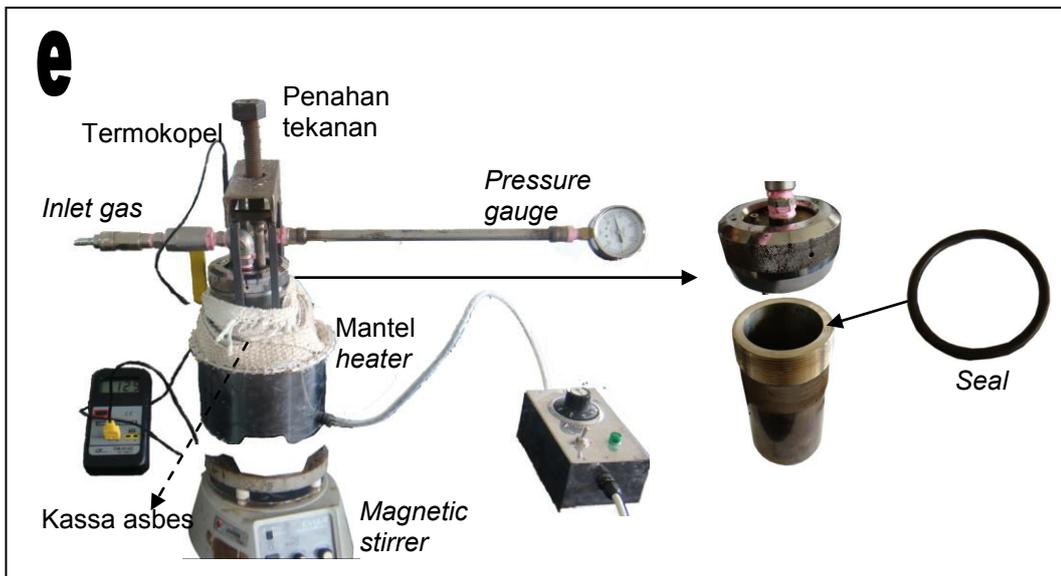
- Bahan reaktor, pipa, sambungan pipa, dan kran terbuat dari stainless steel.
- Mantel heater yang digunakan memiliki dinding yang tipis.
- Dilengkapi dengan stirer.
- Sistem yang digunakan sebagai tutup reaktor menggunakan *seal* yang terbuat dari garlo (semacam asbes).



**Gambar 5.11** Reaktor Tipe D

Spesifikasi :

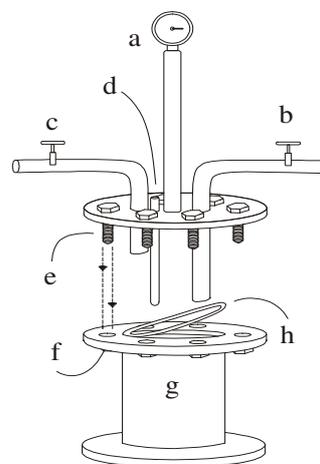
- Bahan reaktor, pipa, sambungan pipa, dan kran terbuat dari stainless steel.
- Mantel heater yang digunakan memiliki dinding yang tipis.
- Dilengkapi dengan stirer.
- Sistem yang digunakan sebagai tutup reaktor menggunakan sistem las.



**Gambar 5.12** Reaktor Tipe E

Spesifikasi :

- Bahan reaktor, pipa, sambungan pipa, dan kran terbuat dari stainless steel.
- Mantel heater yang digunakan memiliki dinding yang tipis.
- Dilengkapi dengan stirer.
- Sistem yang digunakan sebagai tutup reaktor menggunakan *seal* yang terbuat dari polimer berbeda yang tahan panas dan reaksi kimia.
- Sistem reaktor dilengkapi dengan sistem penahan tekanan.



- a. *Pressure Gauge* 50 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Pipa input gas
- c. Pipa output gas
- d. Lubang termokopel
- e. Baut
- f. Mur
- g. Badan reaktor
- h. *Seal (Silicone)*

**Gambar 5.13.** Reaktor tipe F

Dilengkapi stirrer  
 Bahan stainless steel  
 Tekanan dan suhu tinggi  
 Tahan reaksi kimia

## 2. Uji Coba Reaktor

### 2.1. Pengujian Kapasitas Pemanasan Heater

Pada penelitian ini juga masih dilakukan penelusuran terhadap jenis mantel heater untuk proses reduksi maupun reaksi hidrogenasi. Penelusuran terhadap tipe dari heater yang digunakan, dilakukan guna mengetahui pengaruh jenis heater terhadap suhu di dalam reaktor. Adapun mantel heater yang digunakan yaitu mantel heater tipe I dan mantel heater tipe II seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.14 dan 5.15 dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.6.



**Gambar 5.14 . Mantel**



**Gambar 5.15 Mantel Heater**

**Tabel 5.6. Spesifikasi Heater**

Tipe	Spesifikasi
I	- Kapasitas Pemanasan tinggi, dapat mencapai 400 °C lebih. - Sistem kontrol suhu analog. - Memiliki dinding yang tebal sehingga tidak memungkinkan dilakukan <i>stirring</i> .
II	- Kapasitas Pemanasan tinggi, dapat mencapai 350 °C. - Sistem kontrol suhu analog. - Memiliki dinding yang tipis sehingga memungkinkan dilakukan <i>stirring</i> .

### 2.2. Uji Coba Kebocoran Alat

Uji coba kebocoran reaktor dilakukan dengan mengisi reaktor menggunakan gas nitrogen sebanyak 2-5 kg/cm<sup>2</sup> (kecuali untuk reaktor tipe F diuji sampai tekanan 35 kg/cm<sup>2</sup>) kemudian merendam reaktor di dalam wadah berisi air. Indikasi kebocoran dilihat dari adanya gelembung gas yang keluar di sekitar reaktor. Data pengamatan uji kebocoran untuk setiap reaktor dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7. Data Pengamatan Uji Kebocoran**

No.	Tipe Reaktor	Tekanan	
		2 kg/cm <sup>2</sup>	5 kg/cm <sup>2</sup>
1.	Tipe A	Tidak bocor	Bocor
2.	Tipe B	Bocor	Bocor

3.	Tipe C	Tidak bocor	Bocor
4.	Tipe D	Tidak bocor	Tidak bocor
5.	Tipe E	Tidak bocor	Tidak bocor
6.	Tipe F	Tidak bocor	Tidak bocor

### 2.3. Ketahanan Seal Terhadap Parameter Suhu, Reaksi Kimia, dan Tekanan

Daya tahan reaktor terhadap parameter suhu, tekanan, dan reaksi kimia terutama difokuskan terhadap *seal* yang digunakan pada reaktor. Bahan reaktor terbuat dari stainless steel sedangkan *seal* yang digunakan mengalami beberapa kali modifikasi. Adapun data pengamatan terhadap uji ketahanan terhadap parameter suhu, reaksi kimia, dan tekanan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8.** Data Pengamatan Terhadap Uji Ketahanan Terhadap Parameter Suhu, Reaksi Kimia, dan Tekanan

No.	Jenis Seal	Parameter Uji		
		Suhu (°C)	Reaksi Kimia	Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	Polimer Biasa	200	Rusak	5
2.	Garlo	> 350	Tidak rusak	1
3.	Polimer Tahan Panas	350	Tidak rusak	8
4.	Silicone	> 350	Tidak rusak	40

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan kelebihan dan kelemahan masing-masing reaktor sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9.** Kelebihan dan Kelemahan Masing-Masing Reaktor

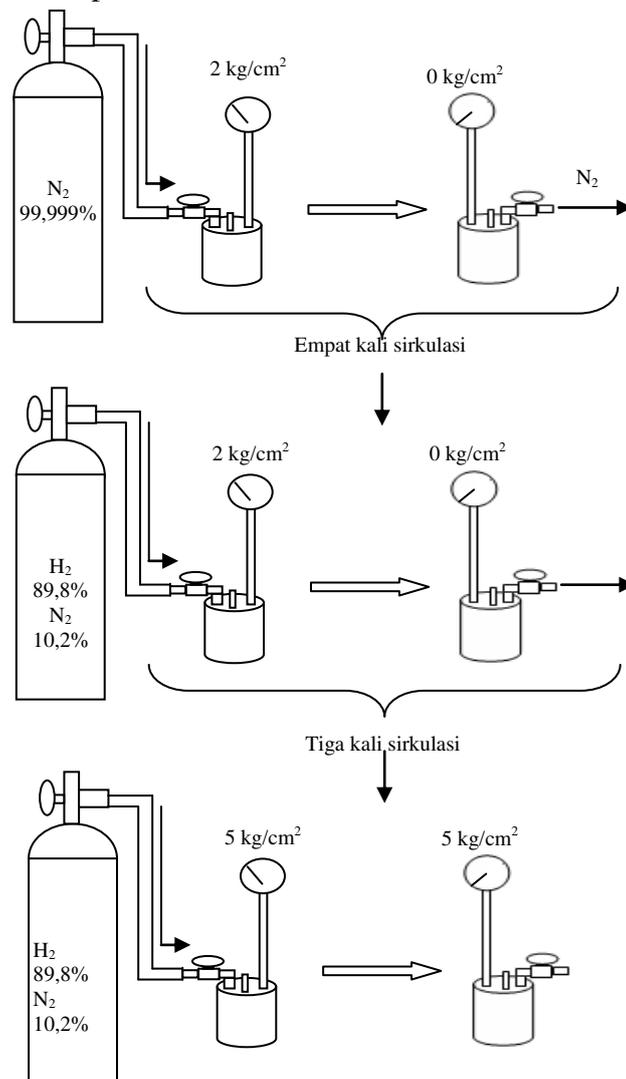
Jenis Reaktor	Kelebihan	Kelemahan
Tipe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan reaktor terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi.</li> <li>- Memudahkan dalam hal pemasangan dan pengeluaran bahan-bahan reaksi didalam reaktor serta mudah dibersihkan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, sehingga tebalnya dinding <i>mantel heater</i> tidak memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</li> <li>- Daya tahan tekanan rendah.</li> <li>- <i>Seal</i> yang digunakan terbuat dari polimer yang tidak tahan proses pemanasan dan reaksi kimia.</li> </ul>
Tipe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan reaktor terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi.</li> <li>- Memudahkan dalam hal pemasangan dan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, sehingga tebalnya dinding <i>mantel heater</i> tidak</li> </ul>

	<p>pengeluaran bahan-bahan reaksi didalam reaktor serta mudah dibersihkan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Seal</i> yang digunakan tahan terhadap pemanasan dan tidak rusak oleh reaksi kimia.</li> </ul>	<p>memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya tahan tekanan sangat rendah.</li> </ul>
Tipe C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan reaktor terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi (tapi lebih rendah dari <i>mantel heater</i> sebelumnya).</li> <li>- Memudahkan dalam hal pemasukan dan pengeluaran bahan-bahan reaksi didalam reaktor serta mudah dibersihkan.</li> <li>- <i>Seal</i> yang digunakan tahan terhadap pemanasan dan tidak rusak oleh reaksi kimia.</li> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, tetapi tipisnya dinding <i>mantel heater</i> memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya tahan tekanan sangat rendah.</li> </ul>
Tipe D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi (tapi lebih rendah dari <i>mantel heater</i> sebelumnya).</li> <li>- Daya tahan tekanan sangat tinggi.</li> <li>- Daya tahan terhadap pemanasan dan reaksi kimia juga tinggi karena tidak menggunakan seal.</li> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, tetapi tipisnya dinding <i>mantel heater</i> memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kesulitan dalam membersihkan reaktor karena sistem yang digunakan sebagai tutup merupakan sistem las yang hanya memiliki dua lubang pada bagian tutupnya.</li> </ul>
Tipe E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi (tapi lebih rendah dari <i>mantel heater</i> sebelumnya).</li> <li>- Daya tahan terhadap pemanasan dan reaksi kimia tinggi karena seal terbuat dari bahan polimer yang tahan panas.</li> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, tetapi tipisnya dinding <i>mantel heater</i> memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</li> <li>- Memudahkan dalam hal pemasukan dan pengeluaran bahan-bahan reaksi didalam reaktor serta mudah dibersihkan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya tahan tekanan rendah.</li> <li>- Kekuatan mekanik dari <i>seal</i> lebih rendah dibandingkan dengan bahan garlo.</li> </ul>
Tipe F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan terbuat dari stainless steel yang tahan terhadap panas dan reaksi kimia.</li> <li>- Pemanasan dapat mencapai suhu yang tinggi.</li> <li>- Daya tahan terhadap pemanasan dan reaksi kimia tinggi karena seal terbuat dari bahan silicone.</li> <li>- Reaktor dengan <i>stirrer</i> merupakan sistem yang terpisah, tetapi tipisnya dinding <i>mantel heater</i> memungkinkan dilakukannya proses <i>stirring</i>.</li> <li>- Memudahkan dalam hal pemasukan dan pengeluaran bahan-bahan reaksi didalam reaktor serta mudah dibersihkan.</li> </ul>	<p>Belum bisa melebihi tekanan 50 kg/cm<sup>2</sup></p>

#### D. Reaksi Hidrogenasi

Aplikasi reaktor didahului dengan perhitungan mengenai penentuan komposisi gas di dalam reaktor dan perhitungan tentang banyaknya gas yang diperlukan untuk menghidrogenasi sejumlah trigliserida, setelah itu aplikasi reaktor dicoba untuk proses reduksi katalis dan reaksi hidrogenasi. Perhitungan tentang komposisi gas di dalam reaktor diperlukan guna mengetahui berapa tekanan gas awal yang harus diberikan dan berapa sirkulasi yang diperlukan untuk tercapainya kondisi reaktor dengan jumlah hidrogen yang cukup untuk digunakan baik dalam proses reduksi katalis maupun proses hidrogenasi RBDPO.

Secara skematik, proses yang berlangsung pada tahap pengkondisian awal reaktor diperlihatkan pada Gambar 5.16.



**Gambar 5.16.** Skema Pengkondisian Awal Reaktor

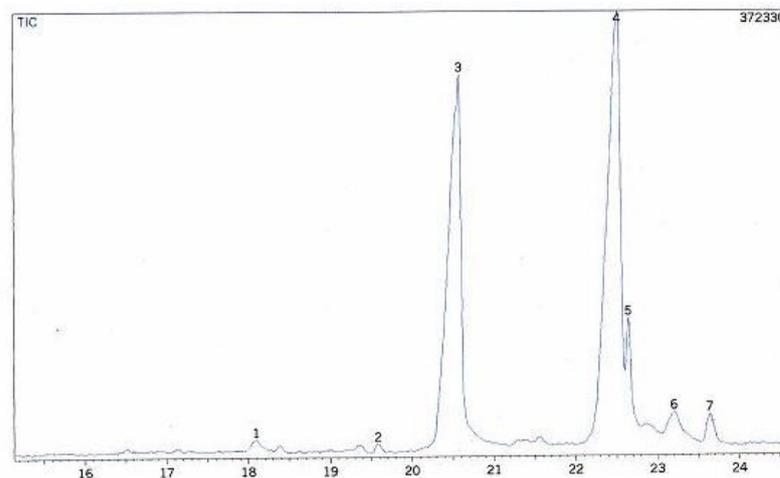
## E. Analisis Produk Hidrogenasi

### 1. Analisis Bahan Baku (Minyak Goreng BIMOLI)

Sampel bimoli sebagai bahan dasar, berwarna kuning keemasan dan berfasa cair, setelah reaksi *hydrocracking* menjadi kuning kecoklatan pada saat masih berfasa cair, namun setelah dingin hasil reaksi memadat dan berubah warna menjadi keabu-abuan. Terjadinya perubahan fasa dari cair menjadi padat pada hasil reaksi *hydrocracking* tersebut disebabkan oleh makin banyaknya trigliserida yang terhidrolisis menjadi asam lemak oleh katalis. Karena asam lemak bebas yang semakin banyak akan lebih cenderung membentuk ikatan hidrogen dengan sesama asam lemak.



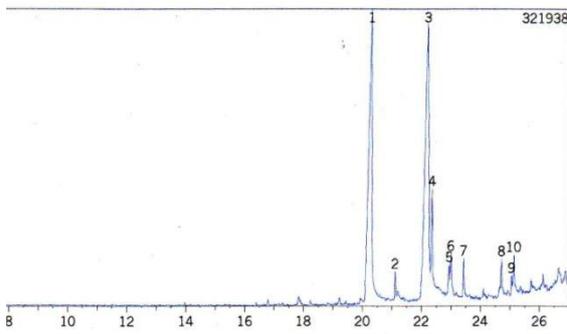
**Gambar 5.17.** Tampilan fisik minyak Bimoli



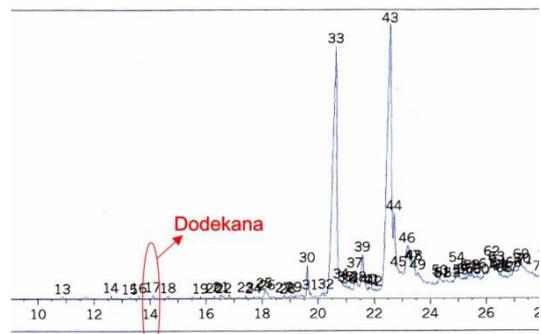
**Gambar 5.18.** Kromatogram GCMS Minyak Bimoli

Kandungan terbesar minyak bimoli sesuai data GCMS di atas adalah 40,67% untuk asam palmitat (puncak no 3), 49,34% asam  $\Delta 8$ -oktadekenoat (puncak no 4), dan 4,90% untuk asam stearat (puncak no 5).

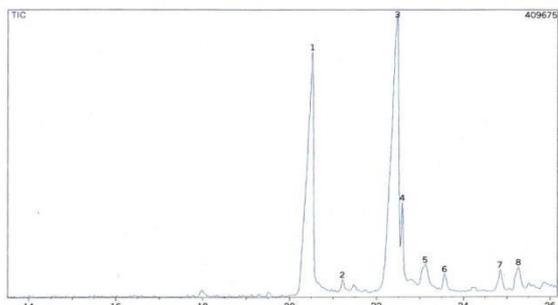
## 2. Produk Hidrogenasi Katalis Ni-PiIC



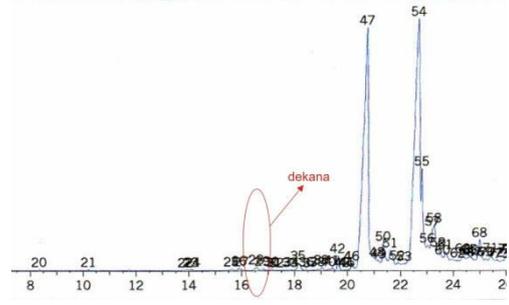
Hidrogenasi pada tekanan 23 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250<sup>0</sup>C



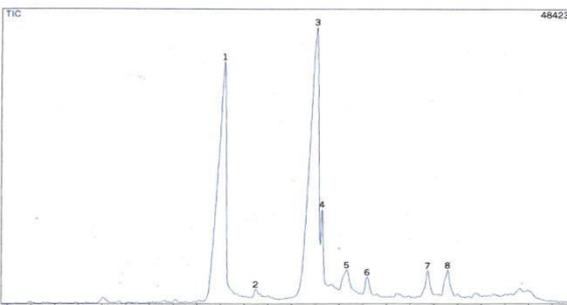
Hidrogenasi pada tekanan 23 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 300<sup>0</sup>C



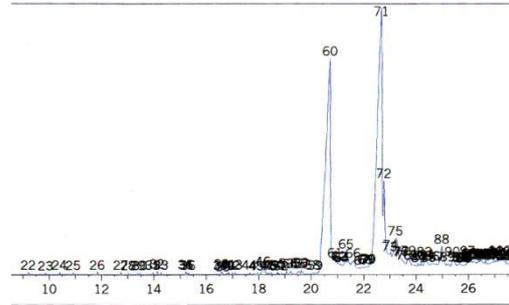
Hidrogenasi pada tekanan 30 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250<sup>0</sup>C



Hidrogenasi pada tekanan 30 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 300<sup>0</sup>C



Hidrogenasi pada tekanan 34 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250<sup>0</sup>C

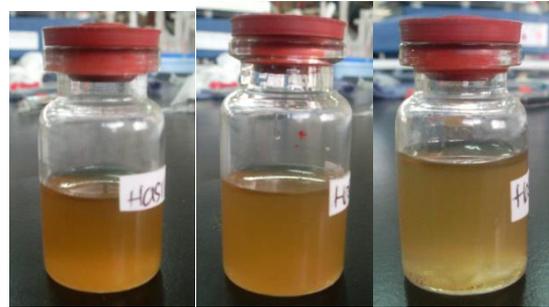


Hidrogenasi pada tekanan 34 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 300<sup>0</sup>C

**Gambar 5.19.** Kromatogram produk hidrogenasi Ni-PiIC

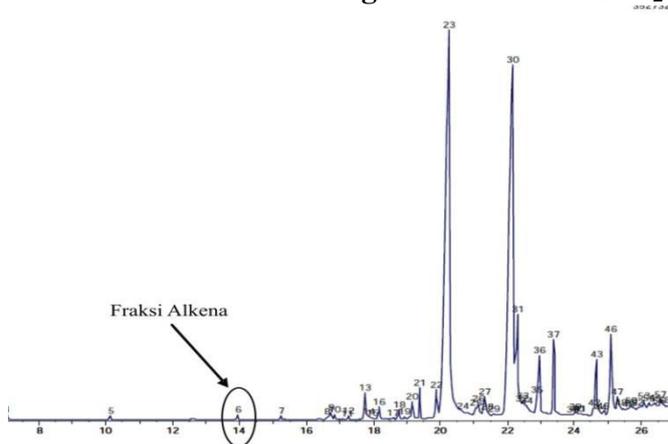


**Gambar 5.20.** Tampilan fisik hasil reaksi *hydrocracking* untuk variabel tekanan saat reaksi 23, 30, dan 34 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam)

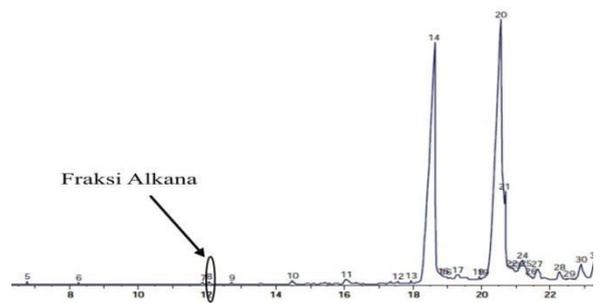


**Gambar 5.21.** Tampilan fisik hasil reaksi *hydrocracking* untuk variabel tekanan saat reaksi 23, 30, dan 34 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 300 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam)

### 3. Produk Hidrogenasi Katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Hidrogenasi pada tekanan 9 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250°C



Hidrogenasi pada tekanan 15 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250°C

**Gambar 5.22.** Kromatogram produk hidrogenasi NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



**Gambar 5.23.** Tampilan fisik hasil reaksi *hydrocracking* pada tekanan 9 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam)



**Gambar 5.24.** Tampilan fisik hasil reaksi *hydrocracking* pada tekanan 15 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 250 °C (katalis 1%, waktu reaksi 2 jam)

Berdasarkan data kromatogram dapat dilihat bahwa katalis Ni-PilC maupun NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> masing-masing mempunyai aktifitas untuk mengkonversi minyak nabati menjadi alkana. Variasi alkana yang dihasilkan dipengaruhi oleh selektifitas katalis. Sementara itu, produksi alkana yang mengindikasikan aktifitas katalis dipengaruhi oleh kondisi atau parameter yang diterapkan. Terlihat bahwa untuk katalis Ni-PilC mempunyai aktifitas menghasilkan produk alkana jenis dodekana pada kondisi tekanan 23 kg/cm<sup>2</sup> dan 30 kg/cm<sup>2</sup> yang dilakukan pada suhu 300°C. Persentase alkana yang dihasilkan masih relatif kecil yaitu sekitar 0,23%. Hal itu disebabkan karena parameter operasi yang mempengaruhi kondisi reaksi belum optimal. Dengan keadaan preparasi katalis Ni-PilC melalui metode yang dilakukan dan melangsungkan reaksi dengan menggunakan spesifikasi reaktor yang dipakai ternyata belum dapat menghasilkan kuantitas produk yang diharapkan.

Indikasi keberhasilan metode yang dilakukan sudah terlihat dengan terjadinya konversi minyak nabati menjadi alkana. Proses yang mungkin terjadi adalah adanya pemutusan ikatan yang menghubungkan antar asam lemak menjadi trigliserida yang merupakan bahan penyusun dari minyak nabati. Sementara itu, pemutusan gugus karboksil ataupun konversi gugus karboksil belum dapat ditentukan secara pasti karena produk yang dihasilkan masih relatif sedikit.

Hal yang serupa juga diperlihatkan oleh kromatogram untuk produk yang dihidrogenasi dengan menggunakan katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Indikasi keberhasilan metode yang digunakan maupun adanya aktifitas katalis dalam mengkonversi minyak nabati menjadi alkana mulai terlihat. Kondisi reaksi berkaitan dengan parameter suhu dan tekanan menunjukkan perbedaan dengan kondisi yang dialami pada saat melakukan reaksi hidrogenasi dengan katalis Ni-PilC. Untuk katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, pada tekanan 9 kg/cm<sup>2</sup> dan 15 kg/cm<sup>2</sup> yang dilakukan pada suhu 250°C sudah mampu memperlihatkan adanya indikasi pembentukan produk berupa alkana walaupun jumlahnya sangat sedikit yaitu antara 0,12% - 0,15%.

Sebagian besar produk hasil reaksi masih berupa asam lemak penyusun trigliserida minyak nabati. Hal ini memperkuat dugaan bahwa terjadinya proses pemutusan ikatan yang menghubungkan antar asam lemak pembentuk trigliserida.

Pada mulanya, bahan baku tersusun dari trigliserida-trigliserida, setelah dihidrogenasi trigliserida-trigliserida tersebut kemudian terdekomposisi menjadi asam lemak namun proses selanjutnya yaitu pemutusan gugus karboksil tidak terjadi sehingga hanya terhenti pada tahap ini dan menyebabkan sebagian besar produk akhir berupa asam lemak.

## BAB VI KESIMPULAN

Analisis FTIR terhadap katalis Ni-PilC hasil preparasi memperlihatkan adanya vibrasi khas alumina yaitu pada bilangan gelombang  $345,4\text{ cm}^{-1}$  dan  $1627,8\text{ cm}^{-1}$  serta adanya vibrasi baru pada  $650\text{ cm}^{-1}$  diduga merupakan interaksi Ni-Montmorilonit. Demikian pula untuk katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang menunjukkan adanya vibrasi khas Ni-S pada  $1743,5\text{ cm}^{-1}$ . Difraktogram XRD untuk Ni-PilC memperlihatkan adanya perubahan nilai  $d$  pada bentonit sebelum impregnasi, yaitu  $15,2\text{ \AA}$  menjadi  $25,8\text{ \AA}$  mengindikasikan terjadinya penyisipan atom Ni ke dalam montmorilonit. Analisis XRD terhadap katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan puncak yang khas untuk NiS, yaitu pada  $2\theta = 28-33,5$ . Berdasarkan analisis AAS, kandungan Ni dalam Ni-PilC sebanyak 25,74% sedangkan pada NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 0,67%.

Berdasarkan hasil penelitian, maka disimpulkan bahwa katalis Ni-PilC dan NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mempunyai aktifitas untuk mengkonversi minyak nabati menjadi alkana pada kondisi reaksi masing-masing, yaitu suhu  $300^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 23-30  $\text{kg/cm}^2$  untuk Ni-PilC sedangkan katalis NiS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 9-15  $\text{kg/cm}^2$ .

Produk yang dihasilkan berupa dodekana. Jumlah produk hasil hidrogenasi masih relatif sedikit disebabkan belum tercapainya kondisi reaksi yang optimum baik dari variabel waktu, katalis, tekanan, maupun suhu.

Adapun penelusuran jalur reaksi belum dapat ditentukan secara tepat karena analisis produk berupa gas belum dapat dilakukan sehingga tidak dapat diperoleh informasi mengenai jalur dekarboksilasi ataupun dekarbonilasi. Walaupun demikian, terbentuknya dodekana yang memiliki jumlah atom karbon lebih sedikit dibandingkan asam lemak penyusun bahan bakunya, mengindikasikan adanya jalur reaksi kearah *cracking*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carraretto, C., Macor, A., Mirandola, A., Stoppato, A., dan Tonon, S. (2004). "Biodiesel As Alternative Fuel: Experimental Analysis and Energetic Evaluations". *Energy*. **29**, 2195–2211.
- Castro, I. M. N., Robles, J. M. A., Hernandez, D. A. C., Bocardo, J. C. E., Torres, J. T., (2009). "Development of Mullite / Zirconia Composite From a Mixture of Alumunium Dross and Zircon", *Ceramics International*. **35** : 921-924.
- Chavez-Garcia, M. L., Pablo-Galan, L., Soucedo-Ramirez, M. P., (2006), "Synthesis of Intercalated Al-Hydroxy-Montmorillonite", *Journal of The Mexican Chemical Society*. **50** (1):36-41.
- Cillity, (1978), "Element of X-Ray Diffraction. Second Edition", *Addison – Wesley Publishing Company, Inc.*
- Demirbas, A. (2007). "Progress and Recent Trends in Biofuels". *Progress in Energy and Combustion Science*. **33**, 1-18.
- Fernández, M.B., Tonetto, G.M., Crapiste, G., dan Damiani, D.E., (2007). "Kinetics of The Hydrogenation of Sunflower Oil Over Alumina Supported Palladium Catalyst". *International Journal Of Chemical Reactor Engineering*. **5**. 1-22.
- Gervajio, G.C. (2005). *Fatty Acids and Derivatives from Coconut Oil*. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6.
- Hadian, R, (2008), Studi Pendahuluan Konversi Trigliserida RBDPO menjadi alkana cair, sebagai bahan bakar alternatif melalui proses hidrogenasi katalitik, Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Haerudin, H., Rinaldi, N., (2002), "Characterization of Modified Bentonite Using Aluminium Polycation", *Indonesian Journal of Chemistry*. **2**(3):173-176.
- Huber, G.W., O' Connor, P., dan Corma, A. (2007). "Processing biomass in conventional oil refineries: Production of high quality diesel by hydrotreating vegetable oils in heavy vacuum oil mixtures". *Applied Catalysis*. **329**, 120-129.
- Kloprogge, J. T., Wharton, D., Hickey, L., Frost, R. L., (2002), "Infrared and Raman Study of Interlayer Anions CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> in Mg/Al-hydrotalcite", *American Mineralogist*. **87** (5-6) : 623-629.

- Klug, H., Alexander, L., (1962). "X-Ray Powder Procedures", *New York: Wiley & Sons Inc.*
- Linnaila, Raimo. (2005). *Ultimate Synthetic Biodiesel Process Applying Novel Catalyst Technology*. Presentasi pada Albemarle-seminar, Vienna.
- Mazzocchia, C., Modica, G., Kaddouri, A., dan Nannicini, R. (2004) "fatty acid methyl esters synthesis from triglycerides over heterogeneous catalyst in the presence of microwave", *C.R. Chimie*, **7**,601-605
- McCormick, Robert L. (2006). *Liquid fuels from biomass*. National Laboratory of the U.S. Departemen of Energy. America.
- Moser, B.A., Haas, M.J., Winkler, J.K., Jackson, M.A., Erhan, S.Z., dan List, G.R. (2007), "Evaluation of partially hydrogenated methyl esters of soybean oil as biodiesel", *Eur.J.Lipid.Sci. Technol.*,**109**, 17-24
- Moulijn, J. A. (1993). *Catalysis, An Integrated Approach to Homogeneous, Heterogeneous and Industrial Catalysis*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Moronta, A. (2005). "Nickel Catalysts Supported on Mgo/Smectite-Type Nanocomposites For Methane Reforming". *Clays and Clay Minerals*. **53**, (6), 622-630.
- Narayanan, S., Deshpande, K., (2000), "Alumina Pillared Montmorillonite; Characterization and Catalysis of TolueneBenzylation and Aniline Ethylation", *Applied Catalysis A: General*. **193**: 17-27.
- Prakash, C.B. (1998). *A Critical Review Of Biodiesel As A Transportation Fuel In Canada*. GCSI - Global Change Strategies International Inc. Canada.
- Rakopoulos, C.D, Antonopoulos, K.A., Rakopoulos, D.C., Hountalas, D.T., dan Giakoumis, E.G., (2006). "Comparative Performance and Emissions Study of A Direct Injection Diesel Engine Using Blends of Diesel Fuel With Vegetable Oils or Bio-Diesels of Various Origins". *Energy Conversion and Management*. **47**, 3272–3287.
- Rautanen, P. (2002). *Liquid Phase Hydrogenation of Aromatic Compounds on Nickel Catalyst*. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Helsinki University of Technology. Finland.
- Rhaota, B., Amjoud, M., Mezzane, D., Alimoussa, A., (2006), "Proton Conductivity in Al-Stevensite Pillared Clays", *The Moroccan Statistical PhysicalSociety*. **7** (1) : 77-81.

Statterfield, C.N. (1991). *Heterogenous Catalysis In Industrial Practice*, Second Edition. Malabar Florida : Krieger Publishing Company.

Stuart, B., (2005), "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application", *John Wiley & Sons, Inc.*

## LAMPIRAN 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI

#### 1. Ketua Peneliti

Nama lengkap dan gelar : Dr. Iqbal Musthapa, M.Si  
 NIP : 132 296 323  
 Tempat tanggal lahir : Garut, 23 Desember 1975  
 Fakultas/Jurusan : FPMIPA/Kimia  
 Bidang keahlian : Kimia Organik  
 Pendidikan :

Universitas/Institut	Gelar	Tahun Lulus	Bidang keahlian
IKIP Bandung	Drs	1999	Pend. Kimia
ITB	M.Si	2000	Kimia Organik
ITB	Dr.	2009	Kimia Organik

Alamat :  
 Kantor : Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI Jl. DR. Setia budi No. 229 Bandung Telp. 022-2000579  
 Rumah : Komp. Lembah Permai Hanjuang Blok B1/9B Cimahi, 40559  
 Mobile-phone : 08122051181  
 E-mail : [iqbalmust@yahoo.com](mailto:iqbalmust@yahoo.com)

#### *Pengalaman dalam penelitian dan Profesional*

##### **Jurnal Internasional :**

- **Iqbal Musthapa**, Lia D. Juliawaty, Yana M. Syah, Euis H. Hakim, Jalifah Latip, and Emilio L. Ghisalberty, (2009) : An Oxepinoflavone from *Artocarpus elasticus* with Cytotoxic Activity Against P-388 Cells, Arch Pharm Res., 32 (2), 191-194.
- **Iqbal Musthapa**, Lia D. Juliawaty, Yana M. Syah, Sjamsul A. Achmad, Euis H. Hakim, Jalifah Latif, and Hiromitsu Takayama., (2009) : Prenylated flavones from *Artocarpus lanceifolius* and their cytotoxic properties, *Nat. Prod. Comm.*, *Accepted*.

##### **Jurnal Nasional :**

- **Iqbal Musthapa**, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Lukman Makmur, Euis H. Hakim, Jalifah Latip, (2007) : Gemicalkon A dan gemicalkon B, Dua Senyawa Calkon Terisopenilasi dari Kayu Batang *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae), Bull. Soc. Nat. Prod. Chem. (Indonesia), 7, 57-62.

##### **Seminar Internasional :**

- **Iqbal Musthapa**, Euis H. Hakim, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Lukman Makmur, Jalifah Latip, and Laily Bin Din, (2006) : Bioactive flavonoid from the heartwood of *Artocarpus heterophyllus*, *Asian Symposium on Medicinal Plants, Spices and Other Natural Products (ASOMPS) XII*, Padang.

- **Iqbal Musthapa**, Euis H. Hakim, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Lukman Makmur, Jalifah Latip, (2006) : Prenylated Flavonoids from the haetwood of *Artocarpus elasticus*, *International Conference on Mathematics and natural Sciences (ICMNS)*, Bandung.
- **Iqbal Musthapa**, Euis H. Hakim, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Lukman Makmur, Jalifah Latip, and Laily Bin Din, (2007) : Study on Phenolic Constituents of *Artocarpus heterophyllus* and Cytotoxic Effect Against Murine Leukemia P-388 Cells, *International Organization for Chemical Sciences in Development (IOCD) Symposium*, Surabaya.
- **Iqbal Musthapa**, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Euis H. Hakim, (2007) : Bioactive prenylflavones from some Indonesian *Artocarpus*, *The JSPS 2<sup>nd</sup> Medicinal Chemistry Seminar of Asia-Africa Science Platform Progam*, Phuket.

#### Seminar Nasional :

- **Iqbal Musthapa**, Euis H. Hakim, Yana M. Syah, Lia D. Juliawaty, Sjamsul A. Achmad, Lukman Makmur, Jalifah Latip, (2006) : Senyawa Flavonoid Sitotoksik dari Kayu Batang Nangka, *Indonesian Symposium on Science and Technology on Chemistry*, Indonesian Institute of Science, Serpong.
- **Iqbal Musthapa**, Lia D. Juliawaty, Yana M. Syah, Sjamsul A. Achmad, Euis H. Hakim, dan Jalifah Latip, (2007) : Flavonoid Terisoprenilasi dari Kayu Batang Teureup (*Artocarpus elasticus*) dan Sifat Sitotoksiknya Terhadap Sel Murin Leukemia P-388, *Simposium Nasional Kimia Bahan Alam XVII*, UNRI, Pekanbaru.

#### Pengalaman Mengajar

Mata Kuliah	Tahun Mengajar
Kimia Dasar I dan II	2003-2004
Kimia Organik I	2002-sekarang
Kimia Organik Bahan Alam	2002-sekarang
Praktikum Kimia Organik I	2002-sekarang
Seminar Kimia	2002-sekarang

Bandung, Nopember 2009

(Dr. Iqbal Musthapa, M.Si)

## 2. Anggota Peneliti

Nama lengkap : Ratnaningsih Eko Sardjono  
 Tempat, tanggal lahir : Subang, 19 April 1969  
 NIP : 131993863  
 Jenis kelamin : Perempuan  
 Status perkawinan : Kawin  
 Pangkat/Golongan : Penata/III d  
 Jabatan : Lektor  
 Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung  
 Alamat kantor : Jl. Dr. Setiabudi No.229 Bandung  
 Alamat rumah : Jl. Sersan Bajuri Komplek Graha Puspa D3 7B Bandung  
 No telpon : (022)2784668 / 081578641224  
 Alamat e-mail : ratnaeksa@yahoo.com

### Riwayat Pendidikan

Institusi	Kota	Tahun Lulus	Bidang Ilmu
Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Bandung (S1)	Bandung	1991	Pendidikan Kimia
Jurusan Kimia FMIPA UGM (S2)	Yogyakarta	1999	Kimia Organik
Jurusan Kimia FMIPA UGM (S3)	Yogyakarta	2007	Kimia Organik

### Riwayat Pekerjaan

Institusi	Periode waktu	Jabatan
Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI Bandung	1992- sekarang	Dosen
FPMIPA UPI- JICA	2002-2003	Fasilitator Piloting di SMAN Lembang, dan SMAN 9 Bandung
Laboratorium Kimia Instrumen Jur Pendidikan Kimia UPI	2000-2003	Penanggung Jawab Alat GC-MS

Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI Bandung	2007- sekarang	Kepala Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia
--	----------------	--

#### Daftar Penelitian

1. Peneliti, *Sintesis Kaliksarena dari Minyak Adas dan Penggunaannya sebagai Penjebak Kation Logam Berat*, 1999, Tesis.
2. Peneliti, *Sintesis dan Penggunaan Tetramer Siklis Seri Kaliksresorsinarena, Alkoksi Kaliksarena, dan Alkenil Kaliksarena untuk Adsorpsi Kation Logam Berat*, 2007, Disertasi.
3. Peneliti, *Sintesis Seri Amino Kaliksarena dan Penggunaannya dalam Ekstraksi Kation Logam Berat*, 2007, Penelitian Mandiri
4. Peneliti, *Pemanfaatan Alat GC-MS untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran Mata Kuliah Praktikum Kimia Organik II*, 2001, Hibah Penelitian RII Dikti.
5. Peneliti, *Pemanfaatan Alat GC-MS untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran Mata Kuliah Praktikum Kimia Organik II Pada Skala Mikro*, 2002, Hibah Penelitian DUE-Like.
6. Anggota Peneliti, *Pengembangan Kit Peralatan dan Prosedur Praktikum Skala Mikro*, Penelitian dosen Muda, 1998.

#### Daftar Publikasi

1. *Adsorption Characteristics of Pb(II) and Cr(III) onto C-4-Methoxyphenyl calix[4]resorcinarene in Batch and Fixed Bed Column Systems*, 2007, **J. Chinese Chem. Soc.** 54, 5, 1167-1178.
2. *Adsorption of Pb(II) cation effected by C-methyl calix[4]resorcinarene and its acetyl ester derivative*, 2004, Seminar Nasional Kimia XV Jurusan Kimia UGM, Yogyakarta.
3. *Synthesis of 4,10,16,22-tetraethoxycalix[4]arenes through acid-catalyzed cyclooligomerization of the related p-alkoxybenzylalcohols*, 2004, Fifteenth International Conference on Organic Synthesis, Nagoya, Japan.
4. *Adsorpsi Pb(II) oleh C-metil kaliks[4]resorsinarena melalui sistem kolom unggun tetap*, 2005, Seminar Nasional Jurusan Pendidikan Kimia UPI, Bandung.
5. *Fungsionalisasi ligan C-metil kaliks[4]resorsinarena oleh gugus asetat dan oksazina*, 2004, Seminar Nasional Kimia XV Jurusan Kimia UGM, Yogyakarta.
6. *Sintesis makromolekul 4,10,16-22-tetraetoksikaliks[4]arena dari anetol*, 2003, Seminar Nasional Kimia XIII Jurusan Kimia UGM, Yogyakarta
7. *Sintesis 4,10,16,22-tetraetoksikaliks[4]arena dari minyak adas*, 2001, **Jurnal Pengajaran MIPA**, 2,1,67-77.

8. *Pemanfaatan Alat GC-MS untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran Mata Kuliah Praktikum Kimia Organik II*, 2001, **Jurnal Penelitian Pendidikan**, 1,33,51-65.

#### **Kegiatan Pelatihan/Workshop**

1. Pelatihan Pengelola Laboratorium PMIPA LPTK, FPMIPA IKIP Bandung-ITB, Bandung, 1995
2. Workshop The Laboratory Safety, RCCChem-LIPI-AGAL (Australi)-HKI, Bandung, 2001
3. Pelatihan Kimia Organik Bahan Alam, Univ, Andalas, Padang, 2002
4. Pelatihan Dokumentasi Sistem Manajemen Mutu Laboratorium ISO 17025, Laboratorium Terpadu IPB, Bogor, 2003

Bandung, Nopember 2009

Dr. Ratnaningsih E. Sardjono, M.Si

### 3. Anggota Peneliti

1. Nama : Soja Siti Fatimah
2. Jenis Kelamin : Perempuan
3. Tempat/tanggal lahir : Bandung, 16-02-1968
4. Alamat rumah : Komp. Suaka Indah Jl. Gajah VII No. 10  
Rt 05 Rw 12 Cimahi 40532
5. Agama : Islam
6. Status Kepegawaian : Pegawai Negeri Sipil
7. Jabatan : Lektor
8. Alamat Kantor : Jl. Dr Setiabudhi No. 229 Bandung 40154

### 9. Pendidikan

Sarjana Sains UNPAD tahun 1993  
Magister Sains UNPAD tahun 2001

### 10. Pelatihan :

- a. Dalam Negeri :
  - 1) Pelatihan tipe B Kimia Anorganik tahun 1995
  - 2) Magang perkuliahan Kimia Material ITB (2005)
  - 3) Pelatihan asesor laboratorium LSP- TELAPI (2007)

### 11. Publikasi dan Seminar

- 1) Seminar Nasional hasil penelitian dasar tahun 2004 Jakarta  
"Fitoremediasi logam berat Cd dengan menggunakan tumbuhan sawi putih (*Brassica Campestris L*) (Studi fitoakumulasi dan fitostabilisasi)"
- 2) Seminar Nasional Pendidikan IPA Sekolah Pasca Sarjana UPI (2006)
- 3) Seminar Hasil Hibah Pekerti (2008) Jakarta , "Preparasi dan Karakterisasi Material Konduktor ionik Berbasis Ion Magnesium sebagai Komponen Sensor Gas SO<sub>2</sub>,
- 4) Penentuan ion-ion logam dengan eluen pengompleks menggunakan KCKT, **Aplikasi Sains** . Media Publikasi Yasmin V.3 N0.2 Januari 2001, ISSN 1410-7538

### 12. Pengalaman Kerja

- a. Mengajar : mengampu matakuliah
  - 1) Kimia Anorganik II
  - 2) Kimia Industri
  - 3) Praktikum Kimia Anorganik
  - 4) Praktikum Kimia Analitik Instrumen
  - 5) Teknik Dasar Laboratorium
- b. Kerja Industri : Membimbing mahasiswa program latihan akademik di berbagai industri.  
Melakukan riset skripsi di Lab. Geologi Kuarter

13. **Penelitian:**

- II. Sintesis ligan di-n-heksilditiokarbamat dan aplikasinya pada KCKT untuk pemisahan ion, Fe, Ni, Cd, dan Pb, 2001 (**Thesis**).
2. Sintesis ligan di-n-heksilditiokarbamat dan aplikasinya pada KCKT untuk pemisahan ion logam berat, **Penelitian Dosen Muda** ,2001 **Anggota** peneliti
3. Fitoremediasi logam berat Cd dengan menggunakan tumbuhan sawi putih (*Brassica Campestris L*) (Studi fitoakumulasi dan fitostabilisasi), **Penelitian Dasar** tahun 2003, **Ketua** Peneliti.
4. Kinetika dan mekanisme adsorpsi zeolit asal bayah untuk pengolahan limbah sianida , **Penelitian Dasar** tahun 2004, **Anggota** Peneliti.
5. Pembelajaran kooperatif sebagai salah satu alternatif untuk membantu siswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya, Dana Rutin UPI, tahun 2004,**Anggota** Peneliti
6. Penerapan Paradigma Konstruktivisme untuk pengembangan model pembelajaran redoks dalam rangka implementasi kurikulum 2004, **Dana Rutin** UPI, Tahun 2005, **Ketua** Peneliti.
7. Kinetika dan mekanisme Biodegradasi glifosat dalam tanah oleh bakteri *E.Coli* dan stimulasi surfaktan sodium dodesil sulfat, **Hibah Penelitian SP-4** tahun 2005, **Anggota** peneliti
8. Pembuatan dan penggunaan amino-bentonit sebagai adsorben pestisida dan polutan organik lainnya dari air minum, **Hibah Penelitian SP-4** tahun 2005, **Anggota** peneliti.
9. Preparasi dan Karakterisasi Material Konduktor ionik Berbasis Ion Magnesium sebagai Komponen Sensor Gas SO<sub>2</sub>, **Hibah Pekerti**, tahun 2006. **Ketua** Peneliti
10. Modifikasi Preparasi material Konduktor Ionik Berbasis ion Magnesium Melalui metode sol-gel anorganik sebagai sensor Gas SO<sub>2</sub>. Hibah Pekerti Tahun Ke-2, 2007 **Ketua** Peneliti.

Bandung, Nopember 2009

(Soja Siti Fatimah, M.Si)

## 3. Anggota Peneliti



***Biodata***  
**Dr. Agus Setiabudi M.Si**

Tempat/Tanggal Lahir: Tasikmalaya-Indonesia, 3 Agustus 1968  
 Kewarganegaraan: Indonesia  
 Status Perkawinan: Menikah, 2 anak.  
 Pekerjaan: Dosen dan Sekretaris Jurusan Pendidikan Kimia  
 Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)  
 Jl. Dr. Setiabudhi 229,  
 Bandung 40154 Indonesia  
 Telephone/Fax kantor: 022 2000 579  
 Mobile: 0815 719 3569

***Pendidikan***

- **Ph.D.** 1999-2004;  
 Section Reactor and Catalysis Engineering  
 Faculty of Applied Science  
 Delft University of Technology, The Netherlands  
  
 Supervisor: Prof. Dr. Jacob A Moulijn  
 Advisor: Dr. Ir. M. Makkee (Associate Professor)  
 Judul Desertasi: *Oxidation of diesel soot, towards an optimal catalysed diesel particulate filter*
- **Magister Sains (M.Si)** 1998  
 Bidang keahlian: Kimia Fisika  
 Institut Teknologi Bandung (ITB)  
 Bandung-Indonesia  
 Judul Thesis: CO oxidation with Fe-Cordierit catalyst
- Sarjana Pendidikan Kimia (**Drs**) 1991  
 Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)  
 Bandung-Indonesia

### ***Pengalaman dalam Jabatan***

1. Sekretaris Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, 2007-sekarang
2. Ketua Program Studi Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, 2005-2007

### ***Bidang Riset yang ditekuni***

- Catalysis
- Kimia Material (Sensor)

### ***Pengalaman Riset***

1. Agus Setiabudi, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Kinerja Konduktor Ionik untuk Sensor Gas NOx. Penelitian Hibah Bersaing, DIKTI, 2007-2008
2. Agus Setiabudi, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Preparasi dan Karakterisasi Konduktor Ionik untuk Sensor Gas NOx. Penelitian Hibah Pekerti, DIKTI, 2005-2006
3. Asep Supriatna, Agus Setiabudi, dan Ali Kusrijadi, Kinetika Adsorpsi ion  $Hg^{2+}$  pada Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonite, Studi Explorasi Prinsip Kerja Sensor Amperometrik Ion Merkuri, Penelitian Fundamental DIKTI 2006
4. Achmad Hanafi S, **Agus Setiabudi**, Wuryaningsih, Blasius H, M, Makkee, Development of non-noble metal catalytic filter for the abatement of diesel particulate emissions, International Joint Research (RUTI) Program UPI-LIPI-Delft University of Technology, 2004-2006
5. M. Makkee, S.J Jelles, B.A.A.L. van Setten, **A. Setiabudi**, and J.A. Moulijn, Catalytic Trap for Diesel Particulate Control, CATATRAP, European Brite Euram Project, Project no BRPR 97-4066, 1999-2000
6. **A, Setiabudi**, Oxidation of diesel soot, Towards an optimal catalysed diesel particulate filter, Ph.D Research Project, 1999-2003

### ***Publikasi Ilmiah***

#### **Journal Papers (*published*)**

1. A. Setiabudi, Achmad Hanafi S, Wuryaningsih S.R., M. Makkee, and J.A. Moulijn, ,  $CeO_2-Mn_2O_3$  Catalyst: A Potential Pt Replacement for NOx Assisted Soot Oxidation, Reaction Kinetics and Catalysis Letter, Submitted 2007
2. **Agus Setiabudi**, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Preparasi dan Karakterisasi Konduktor Ionik untuk Sensor Gas NOx, Proceeding Seminar Nasional Keramik IV, Bandung 2005
3. **Agus Setiabudi**, Achmad Hanafi S , dan Wuryaningsih S.R, *Teknologi Katalitik Filter untuk Menghilangkan Materi Partikulat dari Kendaraan Bermesin Diesel*, Berita IPTEK, LIPI, Th ke 44 No 1, 2005

4. **A. Setiabudi**, N.K. Allart, M. Makkee, and J. A. Moulijn, *On the physical contact of soot and molten catalyst, Microscope study of soot-Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> system*, Applied Catalysis B, 60 (2005) 241-251
5. **A. Setiabudi**, J. Chen, M. Makkee, and J. A. Moulijn, *CeO<sub>2</sub> catalysed NO<sub>x</sub>-assisted soot oxidation, the role of surface species*, Applied Catalysis B; Environment 51 (2004) 9-19
6. **A. Setiabudi**, G. Mul, M. Makkee and J. A. Moulijn, *The role of NO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> in the accelerated diesel soot combustion*, Applied Catalysis B; Environment, 50 (2004) 185-194
7. **A. Setiabudi**, M. Makkee and J. A. Moulijn, *An optimal usage of NO<sub>x</sub> in a combined Pt/ceramic foam and wall-flow monolith for an effective NO<sub>x</sub>-assisted soot oxidation*, Topics in Catalysis, 30/31 (2004) 305-308
8. **A. Setiabudi**, M. Makkee and J. A. Moulijn, *An Optimal usage of NO<sub>x</sub>-assisted abatement of diesel soot in an advanced catalytic filter design*, Applied Catalysis B: Environment 42, 2003, 35-45
9. **A. Setiabudi**, M. Makkee and J. A. Moulijn, *An optimal usage of NO<sub>x</sub> in a combined Pt/ceramic foam and wall-flow monolith for an effective NO<sub>x</sub>-assisted soot oxidation*, Society of Automotive Engineering (SAE) paper, 2003-01-01379
10. **A. Setiabudi**, B.A.A.L van Setten, M. Makkee, and J.A.Moulijn, in: *The Influence of NO<sub>x</sub> on soot oxidation rate; Pt vs Molten salt*, Applied Catalysis B: Environment, 2002, 35, 159-166.

#### **Book (Contributor Author)**

Suresh T. Gulati , M. Makkee, and **A. Setiabudi**, Ceramic Catalysts, Support and Filters for Diesel Exhaust Aftertreatment, in Structured Catalyst and Reactors: 2nd Ed and Expanded, edited by A. Cybulski and J. A Moulijn, CRC, 2006.

F. Kapteijn, Jacob A Moulijn Hebben we het in de vingers; a retrospektive book, TU Delft, 2007.

#### **Seminar dan Konferensi**

1. Agus Setiabudi, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Preparation and Characterization of Natrium Ionic Conductor and Its Potential as NO<sub>x</sub> Sensor, Conference on Solid State Ionics, BATAN, Serpong Mei 2007
2. Agus Setiabudi, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Preparation and Characterization of Natrium Ionic Conductor and Its Potential as NO<sub>x</sub> Sensor, International Conference on Chemical Science, UGM Yogyakarta, 2007
3. A. Setiabudi, Achmad Hanafi S, Wuryaningsih S.R., M. Makkee, and J.A. Moulijn, , CeO<sub>2</sub>-Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst: A Potential Pt Replacement for NO<sub>x</sub>

Assisted Soot Oxidation, Asia Pacific Conference on Catalysis (APCAT) 4, Singapore 6,8 Desember 2006

4. Agus Setiabudi, Nahadi, A. Hanafi, B. Soegijono, Preparasi dan Karakterisasi Konduktor Ionik untuk Sensor Gas NOx, Seminar Nasional Keramik IV, Bandung 2005
5. A. Setiabudi, Achmad Hanafi S, Wuryaningsih S.R., Non-noble metal catalyst for the oxidation diesel particulate, First Symposium of Indonesian Catalyst Society, Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, Poster presentation, Jakarta, Indonesian Institute of Science
6. A. Setiabudi, Achmad Hanafi S, Wuryaningsih S.R., Blasius H, Non-noble metal catalyst for the oxidation diesel particulate, National Seminar on Fundamental dan Application of Chemical Engineering, oral presentation, ITS Surabaya, 6,7 Desember 2004
7. A. Setiabudi, M. Makkee \*), and J. A. Moulijn, 6<sup>th</sup> *International Congress on Catalysis and Automotive Pollution*, Poster presentation, *October 22-24 2003*, Brussel Belgium. \*) presenter
8. A. Setiabudi, M. Makkee and J. A. Moulijn, *SAE World Congress 2003*, March 2003, Detroit, USA
9. A. Setiabudi, M. Makkee and J. A. Moulijn, *Netherlands Catalysis and Chemistry Conference 4 2003*, Noordwijkhouter, The Netherlands
10. A. Setiabudi, M. Makkee and J. A. Moulijn, *Regional Symposium on Chemical Engineering*, Ocktober 2001, Bandung Indonesia

### ***Pengalaman Profesional***

1. Internasionalisasi Program Studi Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia, UPI
2. Analisis Standar Isi, Kurikulum 2006, Pusat Kurikulum Balitbang Diknas, Peserta, Jakarta, 2007
3. Instruktur Program Pembelajaran Kimia Bilingual, Progam Pendidikan Kimia UNES, Juli 2006.
4. Pengembangan Model Sains Technology Society Environment (STSE) Pusat Kurikulum Balitbang Diknas, Jakarta, 2006
5. Pengembangan Standar Kompetensi Tenaga Laboratorium Kependidikan, *anggota*, Directorate of Teacher and Pengembangan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan, Indonesian Ministry of Education, 2006
6. Physical Chemistry Curriculum Workshop, Institute of Technology Bandung, presenter, 2006
7. Pengembangan Standat Mutu Perkuliahan dan Praktikum FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, 2005
8. National Seminar on Chemistry and Chemical Education Resarch, Chairs of Organizing Committee, Univ. Pendidikan Indonesia 2005
9. Professional Development Short Course on Diesel Particulate and NOx Emission, *Participant*, Leeds University, United Kingdom, 10-14 April 2000.

10. Catalyst Characterisation Course, *Participant*, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, 16-21 June 2001
11. Safety at Work for A-lok compression fitting, Product training course, *Participant*, Parker Hannifin plc, Delft, The Netherlands 24 April 2001

#### ***Keterlibatan dalam Project, Konsultansi, dan Editing***

1. Consultant for Centre for International Cooperation in Education (CICE) Hiroshima University, in the Evaluation of Professional Human Resources Development Programme, August 2006-April 2007.
2. Task Force Indonesian Managing Higher Education for Relevance and Efficiency (I-MHERE), 2006-sekarang.
3. Team Pengembang dan Pelaksana Project SP4 Program Studi Kimia UPI, 2004-2005
4. Editor Buku Kimia SMA, PT Perca , 2007

#### ***Grant Awarded***

- Mobility Project Grant, under Scientific Programme Indonesia Nederland (SPIN) Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2004-2005

#### ***Pengalaman Mengajar dan Membimbing***

1. **Termodinamika dan Kinetika**, Program S2 IPA Konst. Kimia Pasca Sarjana UPI, 2005 s.d sekarang
2. **Thesis**, Program S2 IPA Konst. Kimia Pasca Sarjana UPI, 2004 s.d. sekarang
3. Maste Thesis, Dept. of Chemical Engineering, Delft University of Technology, 2002-2003
4. **Kimia Fisika II**, (Kinetika dan Elektrokimia), S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 1994 s.d sekarang
5. **Kimia Dasar**, S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 1994 s.d. 2004
6. **Ikatan Kimia**, S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 1994 s.d. 2004
7. **Karakterisasi Material**, S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 2004 s.d sekarang
8. **Seminar Kimia**, S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 1994 s.d. sekarang
9. **Skripsi**, S1 Jurusan Pendidikan Kimia UPI, 1994 s.d. sekarang

Bandung, Nopember 2009

(Dr. Agus Setiabudi M.Si)