

**LAPORAN PENELITIAN  
PREPARASI KATALIS NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK PERENGGAHAN  
MINYAK NYAMPLUNG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Diploma Empat  
(D-IV) Program Studi Teknologi Kimia Industri**



**Disusun oleh :**

**NADYA AZZAHRA (1611012)**

**UNI AFIFAH (1611007)**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI JAKARTA  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI  
2015**

**LAPORAN PENELITIAN  
PREPARASI KATALIS NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK PERENGGAHAN  
MINYAK NYAMPLUNG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Diploma Empat  
(D-IV) Program Studi Teknologi Kimia Industri**



**Disusun oleh :**

**NADYA AZZAHRA (1611012)**

**UNI AFIFAH (1611007)**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI JAKARTA  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI**

**2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI**

JUDUL : **LAPORAN PENELITIAN PREPARASI KATALIS  
NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK PERENKAHAN MINYAK  
NYAMPLUNG**

NAMA : NADYA AZZAHRA  
UNI AFIFAH

NIM : 1611012  
1611007

PROGRAM STUDI : TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang  
tugas akhir Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian  
Republik Indonesia

Ketua Program Studi  
Teknologi Kimia Industri

Dosen Pembimbing

**DR. Ir. Gatot Ibnusantosa, DEA**

**Ir. Roosmariharso, MBA**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Laporan Penelitian  
di **PUSAT PENELITIAN KIMIA LIPI**



Oleh :

NADYA AZZAHRA 1611012

UNI AFIFAH 1611007

Jakarta, Juni 2015

Dosen Pembimbing

Pembimbing Penelitian

**DR. Ir. Gatot Ibusantosa, DEA**

**Ir. Ruslan Effendi, M. Si**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknologi Kimia Industri  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri  
Kementerian Perindustrian RI

**DR. Ir. Gatot Ibusantosa, MBA**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI**

**LEMBAR PENGESAHAN**

JUDUL TUGAS AKHIR : **PREPARASI KATALIS NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK  
PERENKAHAN MINYAK NYAMPLUNG**

**DISUSUN OLEH**

NAMA/NIM : NADYA AZZAHRA (1611012)

UNI AFIFAH (1611007)

PROGRAM STUDI : TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir  
Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri pada Senin

Jakarta, 6 Juli 2015

Penguji

Penguji

**DR. Ir. Gatot Ibnu Santosa, DEA**

**Sakri Widhianto, S. Teks., M. M**

Pembimbing

**Ir. Roosmariharso, MBA**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa program studi Teknologi Kimia Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : Nadya Azzahra  
NIM : 1611012  
Program Studi : Teknologi Kimia Industri

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul :

### **PREPARASI KATALIS NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK PERENGGAHAN MINYAK NYAMPLUNG**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi, pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Juni 2015

Yang Membuat Pernyataan

Nadya Azzahra

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa program studi Teknologi Kimia Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : Uni Afifah  
NIM : 1611007  
Program Studi : Teknologi Kimia Industri

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul :

### **PREPARASI KATALIS NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNTUK PERENGGAHAN MINYAK NYAMPLUNG**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi, pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Juni 2015  
Yang Membuat Pernyataan

Uni Afifah

## ABSTRAK

Minyak nyamplung merupakan salah satu bahan pencarian energi alternatif yang dapat diperbaharui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk digunakan dalam proses pembuatan *biofuel* dengan metode perengkahan minyak nyamplung. Adapun tahapan-tahapannya adalah pembuatan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, impregnasi NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan proses perengkahan minyak nyamplung. Karakterisasi katalis menggunakan TGA, BET dan XRD. Berdasarkan data TGA suhu kalsinasi  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 550°C. Berdasarkan data BET suhu 500°C luas permukaan pada  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebelum diimpregnasi adalah 157,2687 m<sup>2</sup>/g dan setelah diimpregnasi dengan NiMo luas permukaan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menjadi 151,8587 m<sup>2</sup>/g. Sebagaimana pembuatan katalis diatas, hasil XRD intensitas kristal  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintetis lebih rendah daripada  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial. Sedangkan produk hasil proses perengkahan minyak nyamplung menghasilkan komponen yang bisa dikelompokkan kedalam komponen solar yaitu pentadecane dan heptadecane.

Kata kunci : Minyak nyamplung; *biofuel*; NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; perengkahan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur marilah kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah kami dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Preparasi Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk perengkahan minyak nyamplung”. Rasa hormat dan ungkapan terimakasih kami tunjukan pada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan laporan penelitian yang dilaksanakan di Pusat Penelitian Kimia LIPI Serpong ini.

Penelitian di Jurusan Teknologi Kimia Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri dimaksudkan untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan teori dan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa kuliah. Dengan tugas penelitian ini, diharapkan mahasiswa memiliki ketrampilan dalam melakukan analisis, sintesis, analogi, generalisasi, mengembangkan hipotesis, mengembangkan konsep, melakukan percobaan dan mengambil keputusan.

Dalam menyelesaikan Laporan Penelitian ini, penyusun mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, keluarga, dan para sahabat penyusun tercinta yang tanpa henti selalu memberikan doa, motivasi dan bimbingan secara intensif.
2. Bapak Drs. Achmad Zawawi, MA, MM selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kemenperin RI.
3. Bapak Dr.Ir. Gatot Ibnusantosa, DEA selaku Ketua Jurusan Teknologi Kimia Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI.
4. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingannya.
5. Bapak Ir. Ruslan Effendi, M.Si selaku pembimbing kami selama penelitian di LIPI Kimia, Serpong.
6. Ibu Savitri MT, Bapak Gian Prihamana, selaku pembimbing lapangan kami. Terima kasih banyak atas masukan, bimbingan, dan telah bersedia untuk berbagi

ilmu serta membantu penyusun dalam penyusunan laporan ini. Teman-teman lainnya yang namanya tidak dapat kami sebutkan satu persatu, telah banyak sekali membantu, memberikan saran-saran dan memberi warna yang berbeda selama kami melaksanakan penelitian di Pusat Penelitian Kimia LIPI Serpong yang tak akan pernah terlupakan. Serta seluruh karyawan Pusat Penelitian Kimia LIPI Serpong yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman berharga kepada kami selama ini.

7. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknologi Kimia Industri STMI angkatan 2011 malam.

Seperti pepatah yang mengatakan bahwa *Tak Ada Gading Yang Tak Retak*, begitu pula dengan laporan Penelitian ini yang masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat kami harapkan untuk penyempurnaan laporan penelitian ini.

Jakarta, Juni 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	2
I.3. Tujuan Penelitian .....	2
I.4. Manfaat penelitian .....	3
I.5. Batasan masalah .....	3
I.6. Sistematika penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Biofuel</i> .....	5
2.2. Bahan Baku <i>Biofuel</i> .....	5
2.3. Minyak nyamplung.....	6
2.4. Katalis.....	9
2.4.1. Ni (Nikel).....	9
2.4.2. Mo (Molybdenum).....	9
2.5. $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9

2.5.1. $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ sebagai penyangga katalis .....	10
2.6. Preparasi Katalis .....	10
2.6.1. Impregnasi Logam ke dalam $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	10
2.7. Karakterisasi Katalis.....	11
2.8.1. Perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/zeolite .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1. Waktu dan Tempat penelitian.....	13
3.2. Alat dan Bahan .....	13
3.3. Variabel .....	14
3.3.1. Variabel Tetap.....	14
3.4. Prosedur Penelitian .....	14
3.5. Karakterisasi katalis .....	20
3.5.1. Karakterisasi katalis menggunakan BET ( <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> ) ....	20
3.5.2. Karakterisasi katalis menggunakan X-RD ( <i>X-ray Diffraction</i> ) .....	21
3.5.3. Karakterisasi katalis menggunakan TGA ( <i>Termogravimetry Analysis</i> ) 21	
3.5.4. GC-MS.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1. Hasil karakterisasi katalis NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	23
4.1.1. Hasil TGA dari $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	23
4.1.2. Hasil XRD dari NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	24
4.1.3. Hasil BET dari NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	25
4.2. Analisis karakterisasi perengkahan minyak nyamplung dengan menggunakan GC-MS .....	27
4.2.1. Analisa bahan baku minyak nyamplung.....	27

<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>32</b>
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	33

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur molekul Triglicerida.....	6
Gambar 3.1. Diagram alir Penelitian.....	14.
Gambar 3.2. Pembuatan penyangga $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	14 <b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.4. Perengkahan minyak Nyamplung dengan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	14 <b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.1. Hasil TGA dari $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	23 <b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.2. Hasil XRD $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> komersial, $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sintetis dan NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 24	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.3. Hasil GCMS perengkahan minyak Nyamplung	31 <b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rumus Kimia Komposisi Minyak Nyamplung.....	6
Tabel 2.2. Potensi Pohon Nyamplung.....	7
Tabel 2.3. Pengolahan biji Nyamplungmenjadi <i>biofuel</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.1. Hasil penurunan intensitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.2. Hasil BET $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.4. Kandungan senyawa minyak Nyamplung.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.5. Data reaktor <i>batch</i> dalam proses perengkahan minyak nyamplung .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.6. Hasil GCMS perengkahan minyak nyamplung.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.7. Komposisi rantai karbon .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.8. Senyawa-senyawa penyusun solar ....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** Perhitungan reaksi dan Impregnasi pembuatan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Lampiran B** Alat dan Bahan
- Lampiran C** Hasil karakterisasi NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan BET, TGA dan GC-MS



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1. Latar Belakang**

Minyak bumi merupakan suatu barang kebutuhan yang sangat berguna, terbukti dari berbagai sektor kebutuhan masyarakat yang menggunakan minyak bumi dan sangat bergantung kebutuhannya dengan minyak bumi. Disisi lain, minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tak dapat diperbarui dan dari tahun ke tahun keberadaannya semakin berkurang. Keterbatasan cadangan energi fosil dan makin meningkatnya kebutuhan bahan bakar mendorong pemikiran untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang terbarukan serta pembaruan energi dalam upaya pencarian bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar dari minyak bumi yang ramah lingkungan.

Pemakaian bahan bakar tersebut kian hari kian meningkat tetapi tidak diimbangi dengan kemampuan penyediaanya sehingga mendorong upaya untuk mencari bahan bakar berbasis minyak bumi. Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah adalah dengan mengeluarkan beberapa kebijakan melalui Instruksi Presiden No. 1/2006, Peraturan presiden no. 5 tahun 2006. Dalam Inpres dan Pepres tersebut mengamanatkan pengembangan dan penggunaan bahan bakar alternatif lain yang dapat diperbaharui dan mengacu pada Rencana Umum Kebijakan energi, untuk program jangka panjang sampai tahun 2020 dimana para pelaku energi berkewajiban untuk memanfaatkan energi terbarukan (*non-fossil fuel obligation*) serta penerapan kewajiban penghematan energi dan menggunakan teknologi efisien dan ramah lingkungan. (Nurjannah, 2010).

Solusi dalam mengatasi permasalahan cadangan minyak bumi adalah dengan menggunakan bahan bakar nabati. Bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang berasal dari tanaman. Banyak tanaman yang dinilai memiliki potensi sebagai penghasil bahan bakar nabati salah satunya adalah tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum Linn*). Kelebihan nyamplung sebagai bahan baku bahan bakar nabati adalah bijinya mempunyai rendemen yang tinggi yaitu mencapai 74% dan dalam pemanfaatannya tidak berkompetensi dengan kepentingan pangan.

Untuk menghasilkan *biofuel*, pada penelitian ini digunakan minyak nyamplung sebagai minyak bahan bakar nabati dan juga katalis. Sedangkan katalis menggunakan jenis katalis heterogen yaitu alumina. Karena katalis alumina dapat menghasilkan fraksi *biofuel* seperti gasoline, diesel dan kerosin.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah membuat penyangga  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  terlebih dahulu, mengimpregnasikan NiMo ke dalam  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  kemudian katalis tersebut dikarakterisasi dengan menggunakan BET dan XRD serta diuji aktivasi dengan minyak nyamplung menggunakan GC-MS. Katalis NiMo dengan penyangga alumina akan digunakan sebagai katalis proses perengkahan minyak nyamplung. Dalam proses perengkahan, katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dengan asam lemak minyak nyamplung akan direngkah sehingga menghasilkan *biooil* yang terdiri dari fraksi-fraksi bahan bakar. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu menjawab solusi keterbatasan cadangan minyak bumi dan juga menghasilkan bahan yang ramah lingkungan.

### **I.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara preparasi katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ?
2. Bagaimana karakterisasi katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dengan menggunakan BET, TGA dan XRD?
3. Bagaimana karakterisasi perengkahan minyak nyamplung yang telah diuji menggunakan GC-MS?

### **I.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil karakterisasi dari katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$
2. Mengetahui hasil uji aktivitas katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dalam proses perengkahan minyak nyamplung

#### **1.4. Manfaat penelitian**

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi metode impregnasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
2. Memberikan informasi hasil perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

#### **I.5. Batasan masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium LIPI
2. Bahan baku yang digunakan adalah minyak nyamplung yang bersumber dari Purworejo
3. Uji aktivasi menggunakan reaktor *batch* yang berada di LIPI

#### **I.6. Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan ini terdiri atas :

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bagian ini berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini berisi tentang informasi dan teori- teori tentang *biofuel*, katalis logam Ni dan Mo,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta perengkahan minyak nyamplung.

##### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini berisi mengenai tahap dan langkah kerja yang dilakukan selama penelitian.

##### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

## BAB 5 KESIMPULAN

Bagian ini berisi kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Biofuel*

*Biofuel* adalah bahan bakar yang berasal dari bahan organik yang juga disebut *non-fossil energy*. Berbeda dengan bahan bakar yang banyak kita kenal saat ini yaitu bahan bakar minyak (BBM), seperti premium, pertamax, solar, maupun minyak diesel industri yang termasuk kelompok fosil energi. *Biofuel* mempunyai sifat dapat diperbaharui yang artinya bahan bakar ini dapat dibuat oleh manusia dari bahan-bahan yang bisa ditumbuhkan atau dikembangkan (Agitia, 2012).

Comment [i-1]: Bahasa asing ditulis miring

Bahan baku *biofuel* biasanya banyak ditemui serta mudah didapat, seperti minyak sawit, minyak jarak pagar, tebu, kelapa, **nyamplung**, kedelai, ubi kayu, wijen dan sebagainya sehingga penyediaannya lebih berkesinambungan. *Biofuel* ini juga memiliki kandungan polusi yang lebih kecil karena berbagai tanaman yang digunakan untuk memproduksi *biofuel* dapat mengurangi karbon dioksida di atmosfer, tidak seperti bahan bakar fosil yang justru mengembalikan karbon yang tersimpan di bawah permukaan tanah ke udara. Sehingga penggunaan *biofuel* dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi serta meningkatkan keamanan energi (Agitia, 2012).

### 2.2. Bahan Baku *Biofuel*

Minyak nabati merupakan bahan baku yang umum digunakan sebagai pembuatan *biofuel*. Komposisi yang terdapat dalam minyak nabati terdiri dari trigliserida-trigliserida asam lemak (mempunyai kandungan terbanyak dalam minyak nabati, mencapai sekitar 95%), asam lemak bebas, monogliserida dan digliserida serta beberapa komponen-komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral atau sulfur (Agitia, 2012). Trigliserida adalah sebuah gliserida, yaitu ester dari gliserol dan tiga asam lemak. Berikut ini adalah rumus molekul trigliserida yang terdapat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur kimia trigliserida

### 2.3. Minyak nyamplung

Buah nyamplung memiliki biji yang berpotensi menghasilkan minyak nyamplung terutama biji yang sudah tua. Kandungan minyaknya mencapai 5-70% (basis kering) dan mempunyai daya kerja dua kali lipat lebih lama dibandingkan minyak tanah. Minyak nyamplung merupakan minyak kental, berwarna coklat kehijauan, beraroma menyengat seperti caramel dan beracun. Minyak nyamplung dihasilkan dari buah yang telah matang dan mempunyai fungsi penyembuhan signifikan khususnya untuk jaringan terbakar. Kandungan minyak nyamplung tergolong tinggi dibandingkan tanaman lainnya seperti jarak pagar (40-60%) dan sawit (46-54%). Minyak nyamplung digunakan sebagai obat oles dengan nama ndilo-olie. Minyak nyamplung di beberapa daerah juga digunakan untuk penerangan (Pardede, 2012). Berikut ini rumus kimia dari komposisi minyak nyamplung yang terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Minyak Nyamplung

Asam Lemak	Rumus Kimia	Komposisi (%berat)
<b>Miristat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	<0,1
<b>Palmitat</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_3$	$13,7 \pm 0,8$
<b>Palmitoleat</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$	0,20
<b>Stearat</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3$	$14,3 \pm 0,8$
<b>Oleat</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$	$39,1 \pm 1,4$
<b>Linoleat</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	$31,1 \pm 1,4$

<b>Linolenat</b>	$C_3H_6=C_3H_4=C_3H_4=CH(CH_2)_7COOH$	0,3 ± 0,1
<b>Arachidic</b>	$C_{20}H_{40}O_2$	0,6 ± 0,3
<b>Gondoic</b>	$C_{20}H_{38}O_2$	0,10
<b>Behenic</b>	$C_{22}H_{44}O_2$	0,20
<b>Erucic</b>	$C_{22}H_{42}O_2$	<0,1
<b>Lignoceric</b>	$C_{24}H_{48}O_2$	0,20
<b>Nervonic</b>	$C_{24}H_{46}O_2$	<0,1

Pohon nyamplung memiliki prospek ekonomi yang sangat menjanjikan. Manfaat ekonomi pengusahaan budidaya nyamplung dan pengolahan biji nyamplung dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan bagi masyarakat serta penduduk di sekitar hutan. Meski pengembangan utama tanaman nyamplung pada saat ini adalah sebagai sumber bahan baku bioenergi (*biofuel*), namun juga memiliki nilai tambah yang sangat prospektif. Melalui teknik yang tepat, pengolahan nyamplung menjadi *biofuel* dapat dikatakan 'zero waste' (tanpa limbah). Potensi pemanfaatan limbah ini mempunyai nilai ekonomi yang tinggi apabila diolah dengan baik. Secara ringkas, beberapa potensi ekonomi dari pohon nyamplung dapat dilihat pada tabel 2.2 dan pengolahan biji nyamplung dapat dilihat pada tabel 2.3. (Leksono, 2014).

**Tabel 2.2.** Potensi Pohon Nyamplung

No.	Bahan	Pemanfaatan
1.	Kayu	Bahan pembuat perahu, balok, tiang, papan lantai dan papan bangunan perumahan dan bahan konstruksi ringan
2.	Daun	Obat (luka bakar dan luka potong) dan bahan kosmetik (perawatan kulit)
3.	Bunga	Campuran pengharum minyak rambut
4.	Getah	Mengandung bahan aktif yang diindikasikan berkhasiat untuk menekan pertumbuhan virus HIV

No.	Bahan	Pemanfaatan
5.	Biji	Bahan baku <i>bioenergy/biofuel</i> dengan rendemen minyak dapat mencapai >50%.

Sumber : Leksono, 2014

**Tabel 2.3.** Pengolahan biji Nyamplung menjadi *biofuel*

Pengolahan biji nyamplung menjadi <i>biofuel</i>		
Proses	Limbah	Potensi Pemanfaatan
Ekstraksi (pemisahan buah dan biji)	Cangkang/ tempurung biji	Briket arang, arang aktif, nano arang, asap cair (anti hama, pengawet, pupuk cair)
Pressing (biji kering menjadi minyak mentah/CCO)	Bungkil	Pakan ternak (mengandung protein kasar > 20%, bioethanol)
Degumming (memisahkan minyak dan gum/mentah)	Gum/mentah	Mengandung kumarin yang berpotensi sebagai obat (anti kanker, anti oksidan, anti peradangan, anti bakteri, analgesic dan kekebalan tubuh) bahan dasar pembuatan parfum dan bahan fluoresensi pada industry tekstil dan kertas
Transesterifikasi (mengubah ester menjadi crude biodiesel)	Gliserol	Sabun

Sumber : Leksono, 2014

Minyak nyamplung mengandung asam lemak yang terdiri dari asam lemak jenuh (tidak mempunyai ikatan rangkap) dan asam lemak tidak jenuh (mempunyai ikatan rangkap). Minyak nyamplung tersusun oleh empat jenis asam lemak utama

yaitu asam palmitat (16%), asam stearate (12%), asam oleat (49%), dan asam linoleat (21%). Total keseluruhan dari empat jenis asam lemak utama tersebut mencapai 97% (Pardede, 2012).

#### **2.4. Katalis**

Katalis adalah senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa senyawa tersebut ikut terpakai dan setelah reaksi berakhir, senyawa tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia (Agitia, 2012).

##### **2.4.1. Ni (Nikel)**

Nikel adalah logam putih perak yang keras. Nikel bersifat liat dapat ditempa dan sangat kukuh. Karena sifatnya yang fleksibel dan mempunyai karakteristik-karakteristik yang unik seperti tidak berubah sifatnya bila terkena udara, ketahanannya terhadap oksidasi dan kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim, nikel lazim digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri. Nikel sangat penting dalam pembentukan logam campuran (alloy dan superalloy) terutama baja tidak berkarat (stainless steel). Nikel telah banyak digunakan dalam reaksi hidrogenasi, alkilasi, hidroalkilasi dan *cracking* (Agitia, 2012).

##### **2.4.2. Mo (Molybdenum)**

Molybdenum bersifat keras seperti logam perak dengan titik leleh sangat tinggi. Molybdenum biasanya digunakan untuk menjadi campuran dengan logam lain. Campuran akan memiliki sifat berbeda dari unsur logam yang pertama. Di alam molybdenum tidak berada sebagai unsur bebas melainkan berada dalam keadaan berbagai macam oksida dalam mineral. Katalis molybdenum digunakan dalam berbagai operasi kimiadalam industri minyak bumi dan dalam produksi polimer dan plastik (Agitia, 2012).

##### **2.5. $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Alumina adalah nama umum untuk aluminium oksida,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Alumina dapat diperoleh di alam sebagai bentuk hidroksida yang tidak murni pad mineral

bauksit.  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  dapat bertindak sebagai katalis, penyangga katalis maupun adsorben. Hal ini dikarenakan  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  mempunyai surface area yang luas yaitu antara 150-300  $\text{m}^2/\text{g}$ , volume pori-pori yang besar (0,5-1  $\text{cm}^3/\text{g}$ ), jumlah pori yang banyak pada rentang 3-12 m, stabil pada berbagai rentang temperature proses reaksi katalis dan sifat mekanik yang kuat sehingga dapat digunakan pada reactor. Selain itu, alumina mempunyai sifat selektifitas yang tinggi pada reaksi dehidrasi, mekanisme elusidasi dan juga karakterisasi *active site* pada permukaan secara katalitik (Stani, 2011).

### **2.5.1. $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ sebagai penyangga katalis**

$\gamma$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang banyak digunakan sebagai penyangga katalis diantaranya yaitu  $\alpha$ - dan  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Komponen-komponen ini memiliki *surface acidity* yang dapat dikontrol sehingga menyebabkan kestabilan thermal dan luas permukaan yang tinggi (15-300  $\text{m}^2/\text{g}$ ) (Tsani, 2011).

## **2.6. Preparasi Katalis**

Preparasi katalis bertujuan untuk mewujudkan katalis yang secara teoritis telah sesuai dengan reaksi yang dikehendaki. Pada beberapa kondisi, aktivitas suatu katalis bergantung pada jenis material yang digunakan. Di sisi lain, aktivitas dari suatu katalis juga ditentukan oleh metode preparasi yang digunakan karena metode preparasi mempengaruhi karakteristik katalis yang terbentuk seperti luas permukaan, dispersi, ukuran pori, loading inti aktif dan lainnya (Tsani, 2011).

### **2.6.1. Impregnasi Logam ke dalam $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$**

Impregnasi merupakan metode yang paling mudah dan paling umum digunakan untuk menyiapkan katalis. Tujuan dari metode ini adalah untuk memenuhi pori dengan larutan garam logam dengan konsentrasi yang cukup untuk memberikan loading yang tepat. Larutan dibuat dalam jumlah yang cukup untuk mengisi pori dan harus oksida tunggal, hanya saja larutan garam logam tidak mengalami pemanasan. Partikel penyangga dimasukkan dalam larutan garam logam. Impregnasi dapat dilangsungkan dengan beberapa cara, antara lain

dengan cara *pore filling* (pengisian pori penyangga dengan fasa aktif dan promotor), adsorpsi logam dengan penyerapan oleh penyangga dalam larutan yang mengandung satu atau lebih logam aktif, atau dengan keduanya. Secara garis besar, pembuatan katalis dilakukan dengan tahapan impregnasi, pengeringan (*drying*), dan kalsinasi.

Katalis yang digunakan adalah NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. NiMo merupakan jenis katalis yang berguna untuk memanaskan umpan, menghilangkan kandungan metal dalam umpan, menghilangkan pengotor yang ada dalam umpan seperti sulfur, nitrogen maupun oksigen. Sedangkan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berfungsi sebagai penyangga untuk meningkatkan kinerja katalis dengan cara meningkatkan luas permukaan inti aktif katalis (Stani, 2011).

## **2.7. Karakterisasi Katalis**

Katalis yang telah dibuat perlu diuji apakah struktur tersebut sudah sesuai dengan struktur nanopartikel yang diinginkan atau tidak. Pengujian tersebut dapat dilakukan dengan metode karakterisasi katalis baik dari segi ukuran katalis, luas permukaan katalis dan kristalinitasnya sehingga kita bias mengetahui apakah material tersebut sudah memenuhi kriteria nanostruktur yang sesuai atau tidak. Metode karakterisasi katalis dalam penelitian ini diantaranya adalah TGA (*Termogravimetry Analysis*), BET (*Braunauer-Emmett-Teller*), XRD (*X-Ray diffraction*) (Agitia, 2012).

## **2.8. Hydrocracking (perengkahan)**

*Hydrocracking* merupakan suatu metode untuk mengkonversi trigliserida pada minyak nabati menghasilkan campuran senyawa hidrokarbon rantai lurus (n-C<sub>15</sub>-n-C<sub>18</sub>) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Proses ini dilakukan dengan bantuan suatu katalis dan berlangsung pada tekanan dan temperature yang relatif tinggi (Dahyaningsih, 2013).

### 2.8.1. Perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/zeolite

Banyak peneliti yang telah menguji aktivitas katalis terhadap produk yang diinginkan. Penggunaan minyak nyamplung dengan katalis yang berbeda dengan tujuan memperoleh hasil bahan bakar alternatif terbarukan. Berikut salah satu contoh dari penelitian dengan menggunakan perengkahan minyak nyamplung.

Penelitian yang telah dilakukan Pembuatan katalis NiMo/Zeolit melalui 2 tahap, yaitu aktivasi zeolit alam dan impregnasi Ni dan Mo pada zeolit, Ni dan Mo berhasil melalui diimpregnasi pada zeolit. Katalis NiMo/Zeolit tersebut mempunyai luas permukaan 116,23 m<sup>2</sup>/g, katalis NiMo/Zeolit dapat digunakan dalam proses *hydrocracking* dengan *yield* tertinggi solar sebesar 62,58%, gasoline sebesar 19,27% dan kerosene sebesar 12,83%, Suhu proses *hydrocracking* berpengaruh terhadap *yield* maupun selektivitas solar, *gasoline* dan *kerosene* yang dihasilkan. Dari penelitian diketahui bahwa *yield* solar paling optimum berada pada suhu 350<sup>0</sup>C, karena di atas suhu 350<sup>0</sup>C *yield* menjadi turun. Sedangkan *yield kerosene* dan *gasoline* mengalami kenaikan sampai suhu 375<sup>0</sup>C, perbandingan massa katalis (gram) : volume minyak nyamplung (ml) berpengaruh terhadap *yield* dan selektivitas. Secara keseluruhan perbandingan massa katalis (gram) : volume minyak nyamplung (ml) paling optimum sebesar 6:100, penggunaan katalis NiMo/Zeolit mengarah ke fraksi solar. (Endah daryangsih dkk, 2013).

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **3.1. Waktu dan Tempat penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Pusat Penelitian kimia – lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Kawasan PUSPIPTEK, Serpong Tangerang 15314. Penelitian ini mulai dilaksanakan pada Bulan Februari 2015 .

##### **3.2. Alat dan Bahan yang digunakan**

###### **3.2.1. Alat yang digunakan adalah :**

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Gelas Ukur    | 10. Kertas timbang                                  |
| 2. Cawan Petri   | 11. Statif  |
| 3. Termometer    | 12. Beker glass 100 ml, 500 ml, 1000 ml dan 2000 ml |
| 4. Spatula       | 13. <i>Furnace</i> (kalsinasi)                      |
| 5. Desikator     | 14. Oven  |
| 6. Alat Timbang  | 15. Centrifuge                                      |
| 7. Pipet Tetes   | 16. Reaktor <i>batch</i>                            |
| 8. Kertas Lakmus |   |
| 9. Erlenmeyer    |   |

Adapun instrumentasi yang digunakan adalah :

1. XRD (*X-Ray Diffractometer*) Shimadzu
2. TGA (*Termogravimetry Analysis*) Linseis
3. BET (*Brunauer-Emmett-Teller*)
4. GC-MS Shimadzu

###### **3.2.2. Bahan yang digunakan adalah :**

- A. Minyak nyamplung (telah disiapkan dari LIPI yang bersumber dari Purworejo)

#### B. Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Bahan baku yang digunakan adalah Ammonium Carbonate dan Aluminium Nitrat sebagai bahan untuk membuat  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Logam-logam yang digunakan Ni dan Mo yang akan diimbangkan dalam proses preparasi sampai uji karakterisasi katalis.

### 3.3. Variabel

#### 3.3.1. Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variable yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan variable terikat. Variable tetap dalam penelitian ini adalah penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan sebanyak 10 gram dengan presentase logam Ni 5% sebanyak 2,4 gram dan Mo 15% sebanyak 2,1649 gram.

#### 3.3.2. Variabel Berubah

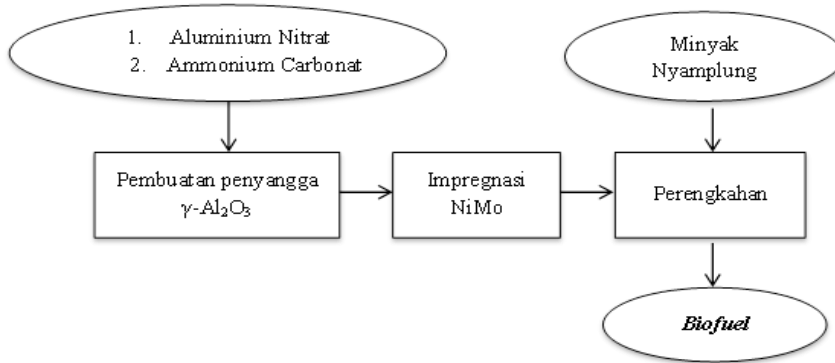
Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan pada penelitian agar diperoleh hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini variabel berubahnya adalah waktu pengambilan sampel dari reaktor *batch*.

### 3.4. Prosedur Penelitian

Percobaan ini terdiri dari 3 tahapan, yaitu :

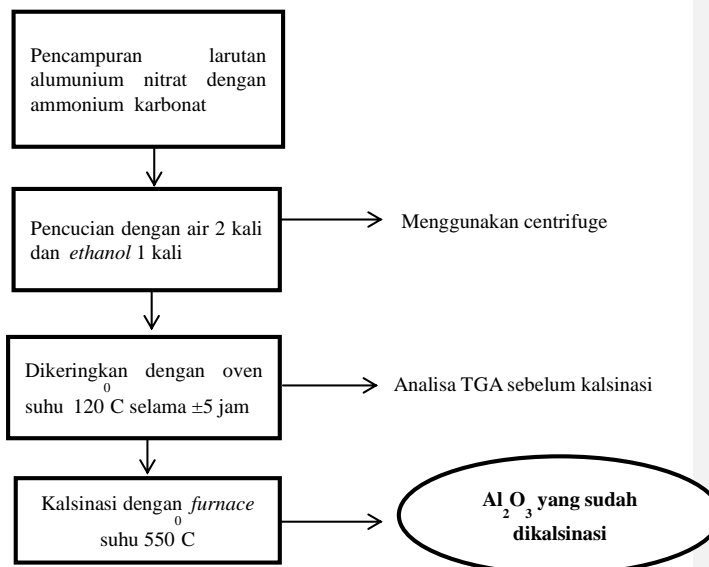
1. Tahap Pembuatan penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
2. Tahap Impregnasi NiMo
3. Tahap perengkahan minyak nyamplung menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Berikut adalah diagram alir penelitian preparasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam perengkahan minyak nyamplung yang dapat dilihat pada gambar 3.1. :



**Gambar 3.1.** Diagram alir penelitian

Sedangkan pembuatan penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada gambar 3.2 :



**Gambar 3.2.** Pembuatan penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

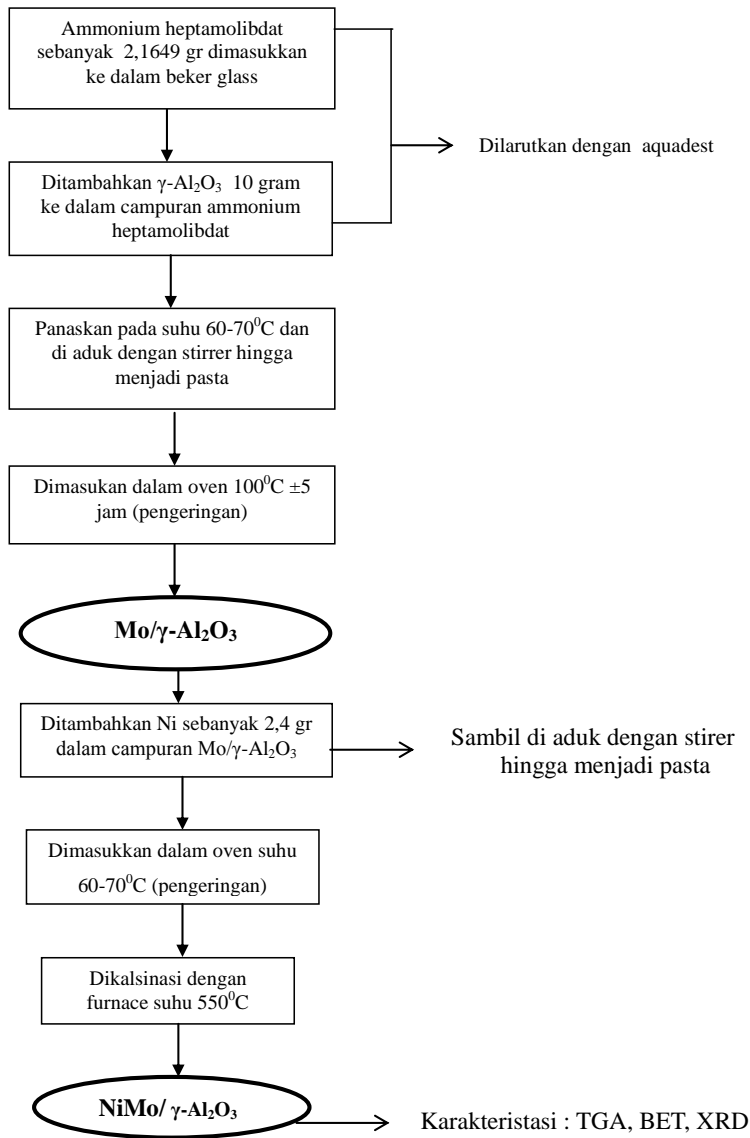
Keterangan pembuatan penyangga  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  :

Pembuatan penyangga dilakukan dengan menggunakan Ammonium Carbonate dan Aluminium Nitrate. Proses pembuatan penyangga  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , sebagai berikut :

1. Membuat larutan A (Ammonium Carbonate)  
Ditimbang Ammonium Carbonate sebanyak 23,04 gram dan dilarutkan dengan aquadest sebanyak 500 ml dalam beker glass 1000 ml, diaduk (homogen). Setelah homogen, larutan dimasukkan ke dalam corong pisah.
2. Membuat larutan B (Aluminium nitrate)  
Ditimbang aluminium nitrate sebanyak 88,01 gram dan dilarutkan dengan aquadest sebanyak 500 ml dalam beker glass 1000 ml, diaduk (homogen). Masukkan larutan tersebut ke dalam corong pisah.
3. Menyiapkan beker glass 2000 ml yang sudah berisi air hangat suhu  $50^{\circ}\text{C}$  dengan bantuan penangas air dan kompor listrik
4. Masukkan larutan A dan larutan B sedikit demi sedikit dalam beker glass 2000 ml yang telah berisi air bersuhu  $50^{\circ}\text{C}$ , sambil diaduk sampai larutan A dan larutan B habis.
5. Mengatur pH netral 7-8 dengan cara menambahkan ammonia 2 M sedikit demi sedikit.
6. Selanjutnya dilakukan pengadukan selama 5 jam dengan suhu tetap.
7. Setelah pengadukan 5 jam, pengadukan dihentikan dan angkat beker glass dari penangas air.
8. Tutup beker glass berisikan larutan tersebut dengan alufoil.
9. Didiamkan selama semalam, terlihat jelas ada pemisahan antara fase air dan endapan putih.
10. Disaring dengan menggunakan alat centrifuge untuk mendapatkan endapan putih .
11. Setelah endapan putih terkumpul dicuci lagi dengan aquadest dan aduk perlahan-lahan. Disaring lagi dengan menggunakan centrifuge dan ambil endapan putihnya, lakukan hingga dua kali pencucian.

12. Diambil endapan putih dan di taruh di dalam beker glass 2000 ml, lalu endapan putih tersebut di tambahkan dengan etanol sampai endapan terendam dan biarkan selama semalaman.
13. Setelah semalaman lakukan pencucian dengan etanol dan sebelum dicentrifuge, ditambahkan lagi etanol sebanyak  $\pm 300$  ml, aduk pelan-pelan.
14. Disaring dengan menggunakan centrifuge dan ambil endapan putihnya. Endapan putih (katalis) dimasukkan ke dalam cawan porselen kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  hingga endapan kering sekitar 5 jam. Waktu pengeringan dihitung setelah mencapai suhu konstan.
15. Selanjutnya katalis tersebut dikalsinasi pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam. waktu kalsinasi juga dihitung setelah mencapai suhu konstan.

Setelah penyangga dibuat, maka dilakukan impregnasi terhadap logam NiMo yang dapat dilihat pada gambar 3.3.:



**Gambar 3.3.** Impregnasi logam NiMo terhadap  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

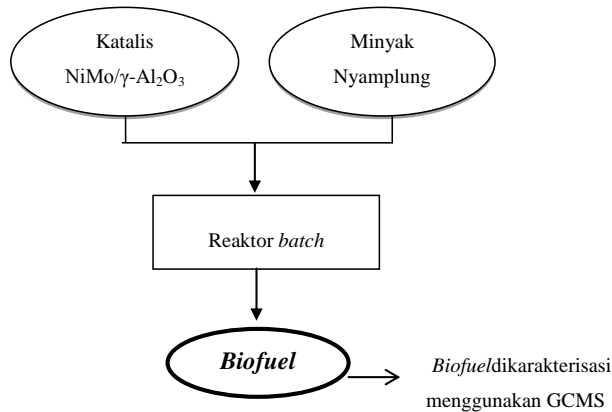
Keterangan : Preparasi Impregnasi NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Savitri *et al.*, 2013)

- Katalis Asam Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15 %

Ditimbang penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 10 gram dan dilarutkan dalam 33,33 ml aquadest dalam gelas beker 250 ml, diaduk (**Larutan 1**). Kemudian ditimbang Ammonium Hepta Molibdat (AHM) sebanyak 2,1649 gram lalu dilarutkan dalam 66,67 ml aquadest dalam gelas beker 100 ml dan diaduk (**Larutan 2**). Setelah itu, **larutan 1** dan **larutan 2** dicampurkan dalam gelas beker lain. Dipanaskan pada suhu 60-70°C sambil diaduk (homogen) hingga terbentuk pasta. Setelah terbentuk pasta, dilakukan pengeringan di oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Setelah dikeringkan dalam oven, didinginkan terlebih dahulu dalam desikator. Selanjutnya adalah timbang katalis tersebut lalu gerus (**katalis A**).

- Katalis Asam Ni/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5 %

Ditimbang Ni sebanyak 2,4 gram dan masukkan ke dalam beker glass 250 ml. dilarutkan dengan aquadest dan aduk. Setelah itu, katalis Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> siap untuk dikarakterisasi. Katalis yang telah diimpregnasi (NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan yang sebelum diimpregnasi sama-sama dikarakterisasi untuk melihat perbedaan, menggunakan instrument BET untuk mengetahui luas dan volume katalis, X-RD (*X-Ray Diffractometer*) untuk membandingkan struktur kristalin, TGA (*Termogravimetry Analysis*) untuk membandingkan kestabilan termal. Katalis yang telah diimpregnasi kemudian dilakukan uji aktivitasnya yaitu Perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada gambar 3.4 :



**Gambar 3.4.** Perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Keterangan :

Prosedur perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

1. Memasukkan katalis NiMo/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 7,0 gram serta 700 ml minyak nyamplung ke dalam reaktor *batch* .
2. Mengalirkan gas H<sub>2</sub> ke dalam reaktor *batch* yang bertujuan untuk mengeluarkan gas-gas yang tersisa di dalam reaktor *batch* tersebut.
3. Memanaskan reaktor *batch* hingga suhu yang diinginkan dan tekanan 10 atm
4. Proses perengkahan minyak nyamplung ini berlangsung selama 1 jam.
5. Menampung hasil perengkahan menggunakan gelas ukur.
6. Mengukur waktu hingga reaksi selesai dalam waktu yang telah ditentukan.
7. Menganalisa perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan GC-MS.

### 3.5. Karakterisasi katalis

#### 3.5.1. Karakterisasi katalis menggunakan BET (*Brunauer-Emmett-Teller*)

Pengujian BET digunakan untuk melihat luas permukaan dan ukuran pori dari katalis. BET ini menggunakan alat Autosorb-6B.

Berikut prosedur kerja BET yaitu :

1. menimbang berat kosong tabung sel dan menimbang sampel maksimal 0,5 gram dan memasukkan sampel ke dalam tabung sel
2. Memasng alat dan diiringi vakum (*degassing*) sampai tekanannya 50 milibar. Dibiarkan hingga semalam
3. Memindahkan sampel ke dalam alat autosorb dengan dialiri gas N<sub>2</sub> dan He. Untuk mengabsorb/membersihkan sampel memakai N<sub>2</sub> cair
4. Kemudian memasukkan sampel ke dalam program dengan tekanan dan berat yang disesuaikan.

### **3.5.2. Karakterisasi katalis menggunakan X-RD (*X-ray Diffraction*)**

Untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal yang terbentuk pada katalis nano partikel NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Prosedur karakterisasi dengan menggunakan XRD yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang 0,5 gram sampel (katalis nanopartikel NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang telah terbentuk serbuk kemudian meletakkannya pada wadah sampel yang telah disediakan.
2. Menempatkan sampel pada sampler holder, mengusahakan agar distribusi sampel pada *glass slide* merata sehingga permukaan sampel rata.
3. Memasukan ke dalam *sample container*.
4. Intensitas dari sinar X yang terdifraksi akan terekam dalam bentuk puncak-puncak. Hasil ini biasanya digambarkan dalam bentuk grafik intensitas vs. posisi puncak pada  $2\theta$ .
5. Jarak  $d$  pada setiap puncak kemudian dibandingkan dengan data jarak  $d$  masing-masing logam. Informasi ini terintegrasi pada software instrumentasi.

### **3.5.3. Karakterisasi katalis menggunakan TGA (*Termogravimetry Analysis*)**

TGA merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menentukan stabilitas panas suatu senyawa dengan melihat perubahan massa yang hilang ketika sampel dipanaskan. TGA terdiri dari sebuah *sample pan* yang didukung

oleh sebuah *precision balance*. *Pan* tersebut ditempatkan dalam suatu furnace dan dipanaskan atau didinginkan selama eksperimen. Massa dari sampel dipantau selama eksperimen. Sampel dialiri oleh suatu gas inert atau gas reaktif yang mengalir melalui sampel dan keluar melalui *exhaust*.

1. Dialirkan gas nitrogen dengan *flowrate* 40 ml/menit ke dalam furnace TGA dan dialirkan gas selanjutnya gas oksigen dengan *flowrate* 60 ml/menit.
2. Sampel dengan berat 30- 40 mg dimasukkan kedalam wadah platina yang berada didalam furnace. Temperatur dinaikkan dengan *rate* 10°C/menit dan selama 100 menit hingga suhu 1000°C. Pengurangan fraksi massa sampel selama eksperimen dicatat.

#### 3.5.4. GC-MS

Kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS) adalah metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometri massa untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam analisis sampel. Kromatografi gas dan spektrometer massa memiliki keunikan masing-masing dimana keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan. Dengan menggabungkan kedua teknik tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan dalam menganalisis sampel dengan mengambil kelebihan masing-masing teknik dan meminimalisir kekurangannya.

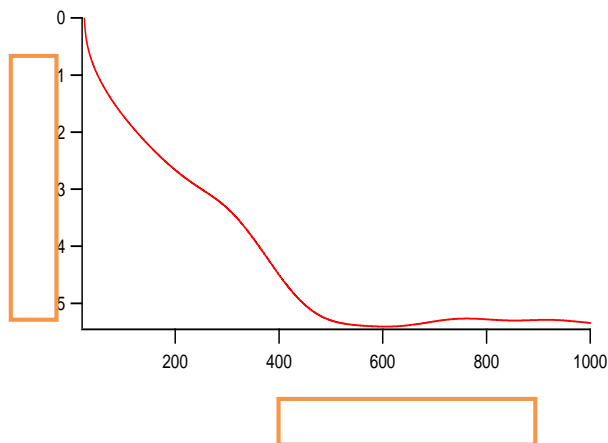
Kromatografi gas dan spektrometer massa dalam banyak hal memiliki banyak kesamaan dalam tekniknya. Untuk kedua teknik tersebut, sampel yang dibutuhkan dalam bentuk fase uap, dan keduanya juga sama-sama membutuhkan jumlah sampel yang sedikit (umumnya kurang dari 1 ng). Disisi lain, kedua teknik tersebut memiliki perbedaan yang cukup besar yakni pada kondisi operasinya. Senyawa yang terdapat pada kromatografi gas adalah senyawa yang digunakan untuk sebagai gas pembawa dalam alat GC dengan tekanan kurang lebih 760 torr, sedangkan spektrometer massa beroperasi pada kondisi vakum dengan kondisi tekanan  $10^{-6} - 10^{-5}$  torr

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *biofuel* dari bahan baku minyak nyamplung menggunakan katalis asam yaitu Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu untuk memperoleh *biofuel* yang optimum. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan *biofuel* yang optimum serta memenuhi standar SNI *biofuel* dan penggunaannya dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

### 4.1. Hasil karakterisasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

4.1.1. Hasil TGA dari  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terdapat pada gambar 4.1. :



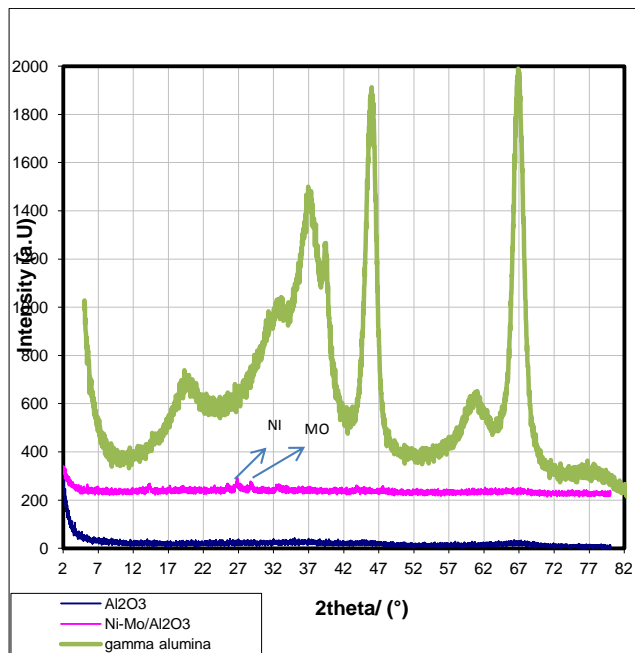
**Gambar 4.1.** Hasil TGA dari  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Dari gambar 4.1 kita dapat melihat perubahan massa yang kurang stabil pada suhu sebelumnya tetapi ketika suhu 550<sup>0</sup>C keatas massanya menjadi lebih stabil. Hasil TGA yang diperoleh menyatakan bahwa pada suhu 550<sup>0</sup>C pengurangan massa (mg) menjadi lebih stabil daipada suhu sebelumnya. Karena pada suhu kalsinasi >550<sup>0</sup>C alumina mempunyai kandungan (mg) yang stabil.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa alumina dapat dikalsinasi pada suhu >550.

#### 4.1.2. Hasil XRD dari NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hasil perbandingan antara XRD komersial, sintetis dan NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada gambar 4.2. :



**Gambar 4.2.** Hasil XRD  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintetis dan NiMo / $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Dapat dilihat pada gambar bentuk peak yang berbeda antara  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintetis, NiMo / $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial. Hal tersebut terjadi karena penurunan hasil intensitas.

Penurunan hasil intensitas yang terjadi pada hasil XRD dapat dilihat pada tabel 4.1:

**Tabel 4.1.** Hasil penurunan intensitas

XRD komersial		XRD Sintetis		XRD NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
2 theta	Intensitas	2 theta	Intensitas	2 theta	Intensitas
66,87	1000	66,83	418,1	66,87	444,3
45,90	879,16	45,89	420,2	45,83	276,8
36,74	544,3	36,75	378,6	36,79	409,3
19,61	121,27	19,64	489,1	19,48	296,6

Dapat dilihat dari tabel 4.1 bahwa hasil XRD komersial dengan sintetis mempunyai kemiripan dari hasil intensitas yang didapat, hal itu membuktikan bahwasannya pembuatan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dilakukan berhasil walaupun dengan intensitas yang rendah, tetapi walaupun pembuatan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dilakukan berhasil, intensitas yang didapatkan terlalu kecil hal demikian lah yang harus di perbaiki oleh peneliti selanjutnya. Intensitas yang didapat pada  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintetis yang kecil kemungkinan terjadi dikarenakan perlakuan yang salah pada saat percampuran, Hal tersebut dapat diantisipasi dengan cara percampuran bahan yang tepat dan perlahan pada saat pembuatan. Peningkatan hasil intensitas sangat diperlukan agar hasil yang didapatkan pada saat proses perengkahan menjadi lebih baik dan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dibuat mempunyai standar yang sama dengan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial.

Sedangkan hasil XRD antara NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintetis terlihat munculnya peak baru pada 2-theta intensitas 27 dan terjadi kenaikan pada 2-theta intensitas 36,7 dan 66,7 lalu sebaliknya terjadi penurunan pada 2-theta intensitas 45,9 dan 19,6. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi pertukaran atau interaksi antara penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan logam Ni dan Mo.

#### 4.1.3. Hasil BET dari NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hasil BET  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada tabel 4.2. :

**Tabel 4.2.** Hasil BET  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

<b>Katalis</b>	<b>BET Surface area</b>	<b>Nanoparticle size</b>
$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dengan suhu 50 <sup>0</sup> C Suhu kalsinasi 575 <sup>0</sup> C	157,2687 m <sup>2</sup> /g	38,1513 nm
$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dengan suhu 60 <sup>0</sup> C Suhu kalsinasi 550 <sup>0</sup> C	95,6842 m <sup>2</sup> /g	62,7063 nm

Dari tabel diatas dapat lihat bahwa hasil BET 50<sup>0</sup>C memiliki *surface area* yang lebih besar dari hasil BET 60<sup>0</sup>C. Hal ini terjadi karena suhu kalsinasi yang berbeda antara kedua jenis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tersebut. Dikarenakan semakin besar suhu pemanasan katalis maka akan semakin besar pula luas permukaannya. Karena luas permukaan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu 50<sup>0</sup>C lebih besar dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suhu 60<sup>0</sup>C maka pengujian katalis dilakukan dengan menggunakan katalis pada suhu 50<sup>0</sup>C.

Setelah diimpregnasi katalis juga diuji luas permukaannya menggunakan BET. Hal itu dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan dari impregnasi katalis. Perbandingan BET antara  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>dengan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada tabel 4.3. :

**Tabel 4.3.** Perbandingan BET antara  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

<b>Keterangan</b>	<b>BET Surface area</b>	<b>Nanoparticle size</b>
$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 50 <sup>0</sup> C	157,2687 m <sup>2</sup> /g	38,1513 nm
NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 50 <sup>0</sup> C	151,8587 m <sup>2</sup> /g	39,5104 nm

Dapat dilihat dari hasil BET diatas terjadi penurunan nilai BET yang terjadi hal itu disebabkan karena partikel Ni- Mo terimpreg kedalam katalis sehingga mengakibatkan luas permukaan katalis menjadi menurun. Partikel Ni dan Mo yang dihasilkan didapat dari ammonium heptamolibat dan nikel nitrat. Semakin banyak penurunan hasil BET semakin bagus pula hasil impregnasi yang didapat. Oleh sebab itu dalam proses mengimpregnasi khususnya impergnasi basah perbandingan antara logam Ni dan Mo harus disesuaikan dengan tepat agar logam Ni-Mo terimpreg sempurna. Dari penurunan nilai BET maka dapat dikatakan bahawa impregnasi berhasil.

## 4.2. Analisis karakterisasi perengkahan minyak nyamplung dengan menggunakan GC-MS

### 4.2.1. Analisa bahan baku minyak nyamplung

Sebelum menguji aktivitas katalis pada penelitian ini juga diuji kandungan apa saja yang terdapat pada minyak nyamplung yang digunakan sebagai bahan baku. Minyak nyamplung yang digunakan didapat dari LIPI yang bersumber di Purworejo. Minyak nyamplung yang akan diolah diuji dulu kandungannya melalui GC-MS yang dapat dilihat pada tabel 4.4. :

**Tabel 4.4.** Kandungan senyawa minyak Nyamplung

Nama senyawa	Asam lemak dalam minyak nyamplung (%)
Asam Palmitat	20,3479 %
Asam Oleat	2,078 %
Asam Linolenat	35,9131 %
Asam Stearat	11,1986 %
Asam Eukosenat	3,7816 %

Dari tabel 4.4 didapatkan kandungan asam palmitat 20,3479% pada *rotation time* 19.307, asam oleat 2,078% pada *rotation time* 20.99, asam stearate 11,1986% pada *rotation time* 21.437 dan senyawa asam lainnya.

Perengkahan dilakukan dengan menggunakan reaktor *batch* yang terdapat di dalam LIPI kimia, Serpong. Penggunaan reactor *batch* dengan tekanan 30-60 bar dan suhu 300<sup>0</sup>C hingga 400<sup>0</sup>C. Sampling dilakukan sebanyak 4 kali dalam kurun waktu 30 menit sekali.

Berikut ini data kondisi operasi reaktor *batch* dalam proses perengkahan minyak nyamplung dapat dilihat pada tabel 4.5. :

**Tabel 4.5.** Data reaktor *batch* dalam proses perengkahan minyak nyamplung

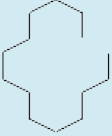
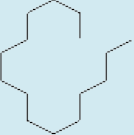
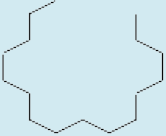
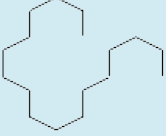
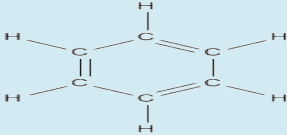
<b>REAKTOR BATCH</b>				
<b>No.</b>	<b>Suhu furnace (°C)</b>	<b>Suhu reaktor (°C)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Tekanan (bar)</b>
1.	400	351	10	38 bar
2.	399	349	20	46 bar
3.	400	349	30	50 bar
4.	402	372	40	46 bar
5.	395	366	50	48 bar
6.	373	330	60	48 bar
7.	395	344	70	50 bar
9.	365	325	90	49 bar
10.	374	364	110	50 bar
12.	367	322	120	49 bar

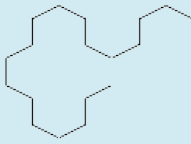

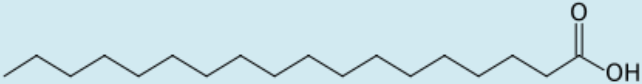
Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali dari dalam reaktor *batch*. Sampel dilakukan pada menit 30, menit 60, menit 90, dan menit ke 120. Tekanan dijaga agar tidak melebihi tekanan 50 Bar. Hasil pengambilan sampel dimasukkan kedalam *freezer*, agar tidak ada kandungan air didalam sampel maka dilakukan evaporasi sebelum diuji ke dalam GC-MS, sebelum di evaporasi ditambahkan metanol setelah itu dilakukan evaporasi. Sampel yang telah dievaporasi ditambahkan heksan yang selanjutnya diinjeksikan ke dalam GC-MS.

Berikut hasil GC-MS hasil perengkahan minyak nyamplung yang terdapat pada tabel 4.6:

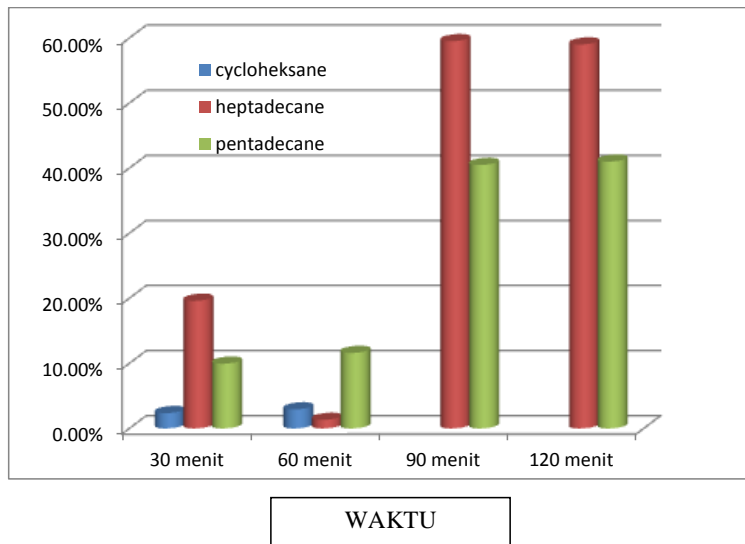
**Tabel 4.6.** Hasil GCMS perengkahan minyak Nyamplung

<b>Senyawa dan rumus</b>	<b>Waktu (menit)</b>
--------------------------	----------------------

<b>kimia</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>
Tridecane (C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> )	-	0,51%	-	
<chem>CH3-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH3</chem>				
Tetradecane (C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> )	1,37%	1,57%	-	
				
Pentadecane (C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> )	9,95%	11,61%	40,49%	41%
				
Hexadecane (C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> )	3,40%	3,44%	-	-
				
Heptadecane (C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> )	19,61%	21,66%	59,51%	59%
				
Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	-	0,96%	-	
				

Oktadecane (C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> )	1,48%	1,93%	-	
				
Nonadecane (C <sub>19</sub> H <sub>40</sub> )	1,79%	2,24%	-	
				
Asam stearate (C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> )	15,91%	12,22%	-	
				

Kandungan hidrocarbon hasil perengkahan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.3.** Hasil GCMS perengkahan minyak Nyamplung

Dari Hasil GC-MS yang didapatkan, kandungan minyak nyamplung hasil perengkahan menggunakan katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  lebih cenderung menghasilkan rantai  $\text{C}_{15} - \text{C}_{17}$  hal itu terlihat dari pengambilan sampel pada menit 90-120, dimana rantai carbon yang didapatkan yaitu pentadecane dan heptadecane.

Menurut Ayuko chefriko 2011, komposisi rantai karbon menyatakan bahwa rantai carbon  $\text{C}_{15} - \text{C}_{17}$  cenderung menunjukkan fraksi solar, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.7. :

**Tabel 4.7.** Komposisi rantai karbon

Rantai carbon	Kesetaraan
$\text{C}_1 - \text{C}_5$	Gas
$\text{C}_5 - \text{C}_{10}$	Gasoline
$\text{C}_{11} - \text{C}_{12}$	Kerosine
$\text{C}_{12} - \text{C}_{18}$	<b>Solar</b>
$\text{C}_{18} - \text{C}_{25}$	<i>Lubricant</i>
$\text{C}_{21} - \text{C}_{27}$	<i>Fuel oil</i>

Menurut Ayuko 2011, juga disebutkan senyawa penyusun solar yang dapat dilihat pada tabel 4.8 :

**Tabel 4.8.** Senyawa-senyawa penyusun solar

Rumus Molekul	Nama senyawa
$C_{14}H_{30}$	Tetradecane
$C_{15}H_{32}$	Pentadecane
$C_{16}H_{34}$	Heksadecane
$C_{17}H_{36}$	Heptadecane
$C_{18}H_{38}$	Oktadecane
$C_{19}H_{40}$	Nonadecane

Dari data diatas dapat kita simpulkan bahwa perengkahan minyak nyamplung dengan menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih mengarah ke hasil fraksi solar.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Dari preparasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> didapatkan :
  - Berdasarkan analisa TGA massa  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 550°C oleh karena itu suhu ini sebagai acuan untuk proses kalsinasi.

- Luas permukaan  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  mengalami penurunan setelah diimpregnasi dengan logam NiMo berdasarkan analisa BET.
  - Intensitas pembentukan Kristal  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  sintetis lebih rendah daripada  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  komersial
2. Hasil perengkahan minyak nyamplung dengan katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  yang didapat hampir sama dengan komponen yang ada pada solar yaitu pentadecane dan heptadecane.

## 5.2. Saran

1. Pada saat melakukan perengkahan minyak nyamplung harus lebih divariasikan lagi waktu pengambilan sampel.
2. Gas yang dihasilkan dari reaktor *batch* sebaiknya diuji juga hasilnya karena kemungkinan gas yang dihasilkan lebih mengarah ke *biogasoline*.
3. Perbandingan antara bahan baku (minyak nyamplung) dengan katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  harus divariasikan dan menggunakan berbagai jenis katalis.











