



**PENGARUH KOMPOSISI P DAN K TERHADAP  
KINERJA DAN DEPOSISI KARBON PADA KATALIS  
Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PROSES *HYDROTREATING* MINYAK  
BIJI KAPOK UNTUK SINTESA BIOHIDROKARBON**

**ICE 410 – Penelitian**

oleh:

**Felita (6213037)**

**Farrah Yunisa (6213039)**

Pembimbing:

**Dr. Tatang Hernas S., Ir.**

**Herry Santoso, S.T, M.TM. Ph.D**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**

No. Kode	TK FEL p/17 2017
Tanggal	24 Januari 2017
No. Ins	4255-FTI / Skp 33522
Ditandatangani	
Modul / Mata Kuliah	
Dari	FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH KOMPOSISI P DAN K TERHADAP KINERJA DAN DEPOSISI KARBON PADA KATALIS NI-MO PROSES *HYDROTREATING* MINYAK BIJI KAPOK UNTUK SINTESA BIOHIDROKARBON**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 4 Januari 2017

Pembimbing Utama

(Dr. Tatang Hernas S., Ir.)

Pembimbing Kedua

(Herry Santoso, ST, MTM. PhD)



JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Felita

NPM : 2013620037

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH KOMPOSISI P DAN K TERHADAP KINERJA DAN DEPOSISI  
KARBON PADA KATALIS Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PROSES *HYDROTREATING* MINYAK  
BIJI KAPOK UNTUK SINTESA BIOHIDROKARBON**

adalah hasil pekerjaan saya sendiri, serta seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan benar dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 16 Januari 2017

Felita  
(2013620037)

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farrah Yunisa

NPM : 2013620039

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH KOMPOSISI P DAN K TERHADAP KINERJA DAN DEPOSISI  
KARBON PADA KATALIS Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PROSES *HYDROTREATING* MINYAK  
BIJI KAPOK UNTUK SINTESA BIOHIDROKARBON**

adalah hasil pekerjaan saya sendiri, serta seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan benar dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 16 Januari 2017

Farrah Yunisa  
(2013620039)





## LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGARUH KOMPOSISI P DAN K TERHADAP KINERJA DAN DEPOSISI KARBON PADA KATALIS Ni-Mo/  $\gamma$  -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PROSES HYDROTREATING MINYAK BIJI KAPOK UNTUK SINTESA BIOHIDROKARBON**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 16 Januari 2017

Penguji

(Ir. YIP Arry Miryanti, M.Si.)

Renguji

(Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.)



## KATA PENGANTAR

“*Ad astra per aspera*”. Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan atas berkat, rahmat, dan kasihNya yang dilimpahkan kepada kami, laporan penelitian ini dapat kami selesaikan pada waktunya dengan usaha yang maksimal. “*So far so good*” adalah *spirit* yang selalu kami tanamkan atas setiap *progress* yang kami capai dalam penyusunan laporan ini. Adapun *progress – progress* tersebut hanya dapat dicapai melalui bantuan dari berbagai pihak, yaitu :

- i. Dr. Ir. Tatang Hernas Soerawidjaja, dosen pembimbing utama yang selalu dengan sabar membimbing dan memberikan motivasi bagi kami untuk terus menggali keingintahuan dan terus belajar
- ii. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc dan Herry Santoso, S.T., M.TM., Ph.D, dosen pembimbing yang selalu menyediakan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, membantu, dan memberikan saran kepada kami
- iii. Orangtua dan keluarga kami yang tidak pernah berhenti untuk menyemangati dan mendoakan kami meskipun terpisah oleh jarak
- iv. Sarah Amadea Rahardja, Teknik Kimia UNPAR 2012, yang dengan sabar mengajari, membimbing, dan menanggapi pertanyaan-pertanyaan kami
- v. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia UNPAR 2013, yang meskipun proposal penelitiannya memiliki topik bahasan berbeda dengan kami, selalu memberikan perhatian dan menyemangati kami. Semoga kerja keras yang juga teman-teman sekalian lakukan akan membuahkan hasil yang maksimal.

Kami menyadari bahwa tidak pantas bagi kami untuk merasa cukup atas apa yang telah kami kerjakan dalam laporan ini. Oleh karena itu, dengan rendah hati, kami terbuka atas segala kritik dan saran dari seluruh pihak agar laporan ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat menjadi tonggak dari perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi sumber pengetahuan yang berguna bagi berbagai kalangan.



## DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Premis .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Minyak Bumi Sebagai Bahan Bakar .....	6
2.2 Minyak Lemak Sebagai Hidrokarbon Terbaharukan .....	6
2.3 Minyak Nabati Sebagai Hidrokarbon Terbaharukan.....	8
2.4 Karakteristik Buah Kapok .....	9
2.4.1 Karakteristik Fisikokimia Minyak Biji Kapok.....	10
2.4.2 Kandungan Kimia Minyak Biji Kapok .....	13
2.5 Hydrotreating Minyak biji kapok .....	15
2.5.1 Hidrogenasi .....	17
2.5.2 Hidrodeoksigenasi (HDO) .....	18
2.5.3 Dekarboksilasi (DCO).....	19
2.6 Katalis .....	21
2.6.1 Katalis <i>Hydrotreating</i> .....	22

2.6.2	Support Katalis Hydrotreating .....	24
2.6.3	Promotor Katalis <i>Hydrotreating</i> .....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		30
3.1	Metodologi Penelitian.....	30
3.2	Rancangan Percobaan.....	31
3.3	Peralatan dan Bahan .....	31
3.3.1	Peralatan Proses Hidrodeoksigenasi .....	31
3.3.2	Alat yang Digunakan pada Metode Titrasi dengan Reagen Durbetaki.....	33
3.3.3	Bahan Percobaan.....	33
3.4	Prosedur Kerja .....	35
3.4.1	Proses Preparasi dan Pembuatan Katalis.....	35
3.4.2	Proses Sulfidasi Katalis Ni-Mo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	37
3.4.3	Degumming dan Bleaching.....	38
3.4.4	Proses Hidrodeoksigenasi Minyak Biji Kapok .....	39
3.5	Uji Analisis Minyak Hasil Percobaan.....	41
3.5.1	Analisis Kualitatif Produk Reaksi <i>Hydrotreating</i> .....	41
3.5.1.1	Analisis Spektroskopi Fourier-Transform Infrared (FTIR).....	41
3.5.1.2	Uji Besson.....	41
3.5.2	Analisis Kuantitatif Produk Reaksi <i>Hydrotreating</i> .....	41
3.5.2.1	Perhitungan Konversi .....	42
3.5.2.2	Pengukuran Densitas .....	42
3.5.2.3	Pengukuran Viskositas.....	42
3.5.2.4	Metode Titrasi dengan Reagen Durbetaki .....	43
3.5.2.5	Penentuan Bilangan Iodium.....	43
3.5.2.6	Pengukuran CO <sub>2</sub> .....	44
3.5.2.7	Analisis Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS).....	44
3.6	Uji Analisis Katalis.....	44
3.6.1	Uji Kuantitatif Katalis .....	44
3.6.1.1	Pengukuran Berat Karbon.....	45
3.7	Pertimbangan Keamanan Reaktor .....	45
3.8	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	45
BAB IV PEMBAHASAN .....		47
4.1.	Tahap Modifikasi Alat .....	47



4.1.1. Reaktor Sulfidasi.....	47
4.1.2. Reaktor Hidrodeoksigenasi .....	48
4.2. Tahap Persiapan Bahan.....	50
4.2.1. Minyak Biji Kapok.....	50
4.2.1.1. Degumming Minyak Biji Kapok .....	50
4.2.1.2. Bleaching Minyak Biji Kapok .....	51
4.2.2. Pembuatan katalis Ni-Mo/ $\gamma$ – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	52
4.3 Tahap Penelitian ( <i>Hydrotreating</i> ).....	55
4.4 Analisis Kualitas Produk .....	58
4.4.1 Uji Viskositas Produk Green Diesel Terhadap Umpan.....	60
4.4.2 Uji Densitas .....	61
4.5 Analisa Performa Katalis.....	62
4.5.1 Analisa Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS).....	62
4.5.2 Uji Bilangan Iodium.....	65
4.5.3 Uji Bilangan Penyabunan.....	67
4.5.4 Analisa Keberadaan Gugus Siklopropanoid .....	68
4.5.5 Analisa FTIR.....	71
4.5.6 Penurunan Tekanan dalam Percobaan .....	75
4.5.7 Analisa Deposisi Karbon.....	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran .....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN A .....	88
LAMPIRAN B .....	95
LAMPIRAN C .....	104
LAMPIRAN D .....	108
LAMPIRAN E.....	121



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Buah Kapok yang Terbelah .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Biji Kapok.....	10
<b>Gambar 2.3</b> Rangkaian Reaksi Hydrotreating pada Konversi Trigliserida menjadi Hidrokarbon.....	16
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme Reaksi Hidrogenasi pada Permukaan Katalis Logam .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Pembukaan Ikatan Siklik dan Reaksi Adisi melalui Hidrogenasi .....	18
<b>Gambar 2.6</b> Reaksi Hidrogenolisis Trigliserida menjadi Alkohol Lemak Bergugus Karboksilat dan Diester .....	19
<b>Gambar 2.7</b> Reaksi Hidrodeoksigenasi Alkohol Lemak dan Diester membentuk Paraffin .....	19
<b>Gambar 2.8</b> Reaksi Dekarboksilasi pada Asam Lemak, Asam Lemak Ester, dan Trigliserida .....	20
<b>Gambar 2.9</b> Mekanisme Reaksi Katalisis.....	22
<b>Gambar 2.10</b> Pusat aktif MoS <sub>2</sub> pada katalis HDS .....	28
<b>Gambar 2.11</b> Dispersi dan <i>stacking</i> slab MoS <sub>2</sub> .....	29
<b>Gambar 3.1</b> Skema Rangkaian Alat Hidrodeoksigenasi.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Proses Hidrodeoksigenasi.....	35
<b>Gambar 3.3</b> Proses Preparasi Pembuatan Katalis.....	36
<b>Gambar 3.4</b> Proses Pembuatan Katalis dengan Metode Sequential Impregnation.....	37
<b>Gambar 3.5</b> Proses Sulfidasi Katalis.....	38
<b>Gambar 3.6</b> Proses Degumming dan Bleaching Minyak Biji Kapok .....	39
<b>Gambar 3.7</b> Metodologi Proses Hidrodeoksigenasi .....	40
<b>Gambar 4.1</b> Reaktor Sulfidasi .....	47
<b>Gambar 4.2</b> Reaktor Hidrodeoksigenasi .....	49
<b>Gambar 4.3</b> Magnetic stirrer .....	50

<b>Gambar 4.4</b> Fasa organik dan fasa akuatik proses <i>degumming</i> .....	51
<b>Gambar 4.5</b> Hasil kalsinasi pertama dari katalis yang ditetesi larutan prekursor AHM dan promotor .....	52
<b>Gambar 4.6</b> Impregnasi katalis yang kedua kalinya dengan larutan nikel nitrat heksahidrat .....	53
<b>Gambar 4.7</b> Katalis hasil yang sudah diimpregnasi dua kali .....	53
<b>Gambar 4.8</b> Produk green diesel hasil reaksi <i>hydrotreating</i> .....	58
<b>Gambar 4.9</b> Penjenuhan ikatan rangkap .....	65
<b>Gambar 4.10</b> Kurva Hasil Uji Iodium .....	66
<b>Gambar 4.11</b> Reaksi penyabunan .....	67
<b>Gambar 4.12</b> Kurva Hasil Uji Bilangan Penyabunan .....	67
<b>Gambar 4.13</b> Kurva Hasil Titrasi Reagen Durbetaki .....	69
<b>Gambar 4.14</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 8 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	71
<b>Gambar 4.15</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 1 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	72
<b>Gambar 4.16</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 2 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	72
<b>Gambar 4.17</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 3 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	72
<b>Gambar 4.18</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 4 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	73
<b>Gambar 4.19</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 5 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	73
<b>Gambar 4.20</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 6 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	73
<b>Gambar 4.21</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 7 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	74
<b>Gambar 4.22</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 9 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	74
<b>Gambar 4.23</b> Kurva Hasil FTIR Produk Katalis 10 vs Umpan Minyak Biji Kapok .....	74
<b>Gambar 4.24</b> Profil penurunan tekanan katalis 1 (NiMo 0.35 K/P 0.35) .....	75
<b>Gambar 4.25</b> Profil penurunan tekanan katalis 2 (NiMo 0.35 K/P 0.4) .....	76
<b>Gambar 4.26</b> Profil penurunan tekanan katalis 3 (NiMo 0.35 K/P 0.45) .....	76
<b>Gambar 4.27</b> Profil penurunan tekanan katalis 4 (NiMo 0.35 K/P 0.5) .....	76

<b>Gambar 4.28</b> Profil penurunan tekanan katalis 5 (NiMo 0.35 K/P 0.55) .....	76
<b>Gambar 4.29</b> Profil penurunan tekanan katalis 6 (NiMo 0.25 K/P 0.35) .....	77
<b>Gambar 4.30</b> Profil penurunan tekanan katalis 7 (NiMo 0.25 K/P 0.4) .....	77
<b>Gambar 4.31</b> Profil penurunan tekanan katalis 8 (NiMo 0.25 K/P 0.45) .....	77
<b>Gambar 4.32</b> Profil penurunan tekanan katalis 9 (NiMo 0.25 K/P 0.5) .....	78
<b>Gambar 4.33</b> Profil penurunan tekanan katalis 10 (NiMo 0.25 K/P 0.55) .....	78
<b>Gambar 4.34</b> Grafik deposisi karbon pada permukaan katalis .....	79





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Premis pembuatan <i>green diesel</i> dengan katalis NiMo bahan baku biomassa .....	5
<b>Tabel 2.1</b> Standar Solar atau Petroleum Diesel.....	8
<b>Tabel 2.2</b> Luas Lahan Tanaman Kapok di Indonesia.....	9
<b>Tabel 2.3</b> Karakteristik Fisikokimia Minyak Biji Kapok .....	11
<b>Tabel 2.4a</b> Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Biji Kapok.....	13
<b>Tabel 2.4b</b> Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Biji Kapok.....	14
<b>Tabel 3.1a</b> Bahan Percobaan dan Kegunaannya .....	33
<b>Tabel 3.1b</b> Bahan Percobaan dan Kegunaannya.....	34
<b>Tabel 3.2</b> Jadwal Kerja Penelitian.....	46
<b>Tabel 4.1</b> Keterangan Variasi Katalis .....	57
<b>Tabel 4.2</b> Karakteristik Minyak Biji Kapok .....	58
<b>Tabel 4.3a</b> Hasil viskositas produk <i>green diesel</i> untuk formula katalis 1 - 5 .....	60
<b>Tabel 4.3b</b> Hasil viskositas produk <i>green diesel</i> untuk formula katalis 6 - 10 .....	60
<b>Tabel 4.4</b> Data densitas produk proses Hydrotreating .....	61
<b>Tabel 4.5a</b> Data Hasil Uji Produk <i>Green Diesel</i> dengan Katalis 1 - 5 .....	62
<b>Tabel 4.5b</b> Data Hasil Uji Produk <i>Green Diesel</i> dengan Katalis 6 - 10 .....	62
<b>Tabel 4.6a</b> Hasil GCMS produk <i>green diesel</i> .....	63
<b>Tabel 4.6b</b> Hasil GCMS produk <i>green diesel</i> .....	64



## INTISARI

Minyak bumi sangat umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam sektor kelistrikan, industri, dan transportasi. Kegunaan minyak bumi pada sektor-sektor tersebut berperan sebagai bahan bakar yang dikonversi menjadi energi kinetik dan energi listrik. Semakin berkembangnya sektor-sektor tersebut, ketersediaan minyak bumi sebagai energi tak terbarukan dapat menimbulkan masalah krisis energi dan peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di permukaan bumi. Oleh sebab itu, diperlukan pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa, seperti biodiesel atau *green diesel*.

Pemanfaatan minyak biji kapok sebagai pengganti minyak bumi merupakan alternatif yang baik, mengingat pohon kapok dapat tumbuh dengan mudah di Indonesia dan merupakan minyak non-pangan sehingga tidak akan bersaing dengan sektor pangan. Namun dalam minyak biji kapok terdapat kandungan asam siklopropanoid, sehingga minyak biji kapok harus melalui proses *hydrotreating* terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar. Proses *hydrotreating* membutuhkan gas H<sub>2</sub> bertekanan tinggi serta katalis logam bimetalik agar didapat *green diesel* dari minyak biji kapok. Proses ini mencakup dua reaksi, yaitu reaksi hidrogenasi yang berfungsi untuk menjenuhkan rantai asam lemak yang tidak jenuh dan reaksi deoksigenasi yang berguna untuk menghilangkan oksigen dari asam-asam lemak dan membentuk rantai n-paraffin. Proses *hydrotreating* ini menghasilkan produk utama berupa biohidrokarbon jenuh rantai panjang bercabang metil yang dapat digunakan sebagai biosolar dan produk sampingan berupa propana (hidrokarbon utama dalam LPG).

Penelitian akan diawali dengan proses pembuatan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi rasio mol Ni:Mo 0,25 dan 0,35; rasio mol promotor K:P yang divariasikan pada nilai 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; dan 0,55; serta proses sulfidasi untuk meningkatkan aktivitas katalis. Tahap selanjutnya adalah proses *hydrotreating* minyak biji kapok sehingga dihasilkan biohidrokarbon rantai panjang bercabang metil. Temperatur dan tekanan yang digunakan dalam proses *hydrotreating* relatif tinggi, yaitu 230<sup>0</sup>C dan 35 bar untuk proses hidrogenasi awal selama 2 jam, dan proses hidrideoksigenasi dilakukan pada 335<sup>0</sup>C dan 50 bar selama 4 jam. Pada akhir reaksi, kandungan minyak yang dihasilkan dari proses hidrideoksigenasi (HDO) dianalisa melalui uji kualitatif dengan uji Besson dan FTIR. Analisis uji kuantitatif dilakukan dengan perhitungan konversi pada produk berdasarkan uji bilangan penyabunan, titrasi reagen Durbetaki untuk mengukur kadar gugus siklopropanoid dalam minyak sampel, uji bilangan iodium, GC-MS, pengukuran densitas, dan viskositas pada produk. Pengukuran massa CO<sub>2</sub> dilakukan di akhir reaksi untuk menentukan selektivitas reaksi *hydrotreating*. Selain analisis sampel, dilakukan pula analisis kuantitatif terhadap deposisi karbon pada katalis Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa katalis dengan komposisi rasio mol Ni:Mo 0,25 dan rasio mol promotor K:P 0,45 menunjukkan selektivitas terbaik karena mampu menghasilkan cukup banyak rantai C14-C18, serta dapat menurunkan bilangan iodium dan bilangan penyabunan serta memecah gugus siklopropanoid hingga memenuhi standar *green diesel*. Selain itu, katalis yang dibuat dari interaksi antara rasio mol Ni:Mo 0,25 dengan rasio mol K:P 0,55; serta interaksi rasio mol Ni:Mo 0,35 dengan rasio mol K:P 0,25 tidak mendukung reaksi *hydrotreating*, melainkan reaksi pirolisis sehingga dihasilkan produk yang berwarna hitam. Deposisi karbon pada permukaan katalis dapat dicegah dengan menggunakan rasio mol promotor K:P sebesar 0,4 hingga 0,5.





## ABSTRACT

Dependency on fossil fuel as unrenovable energy increases as industrialization emerges particularly in developing countries such as Indonesia. However, Paris Agreement back in late 2015 envisioned a long-term goal of keeping the increase in global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels. In order for this vision to succeed, the world can no longer rely on unrenovable sources such as fossil fuel, natural gas, and coal as energy source. The continuous usage of this unrenovable sources will not only deplete the current availability of fossil fuel, as now its source has become limited due to massive extraction in the past, but also its continuous usage will result on environment damage namely the greenhouse gas emission or ozone layer depletion on the atmosphere. Therefore, a spur towards renewable energy must immediately be encouraged.

The current trend of renewable energy is the second generation biofuel, which is derived from non-edible feedstock. Kapok (*Ceiba pentandra*) is a non-edible, tropical plant that grows well on Indonesia. Its seed oil contains long hydrocarbon chain with cyclopropanoic acid, such as malvalic acid and sterculic acid in its structure. This cyclopropanoic acid is a unique feature of Kapok, where if being hydrotreated, this structure will break into a methyl chain and produces a winter fuel. Hydrotreating process requires high pressure hydrogen gas and a bi-metallic catalyst to obtain green diesel from Kapok seed oil. This process is divided to two reactions, which are hydrogenation to saturate fatty acid chains, and deoxygenation to remove oxygen from fatty acids and rearrange it to n-paraffin chain. Hydrotreating process yields saturated bio-hydrocarbon with methyl branch as its main product to be used later as bio-diesel and propane as its side product.

Research was initiated by generating NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts that are being varied on its mole ratio of Ni:Mo 0.25 and 0.35; and mole ratio of K:P promotor of 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, and 0.55. Resulted catalysts were then being sulfidized to enhance catalysts' activity. Next stage was to hydrotreat Kapok seed at relatively high temperature and pressure. Initial hydrogenation was carried at 230°C and 35 bar for 2 hours, while hydrodeoxygenation was carried at 335°C and 50 bar for 4 hours. At the end of reaction, green diesel products that are obtained were qualitatively being analysed by Besson and FTIR. Quantitative analysis were performed by calculating the conversions through saponification value, determination of iodine value, GC-MS, density and viscosity measurements. CO<sub>2</sub> mass was also calculated at the end of reaction to determine selectivity of hydrotreating reaction. Aside those analysis being performed toward products, qualitative and quantitative analysis of Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst were also performed to obtain the right composition of catalyst and promotor ratio for future hydrotreating process. Quantitative analysis that has been done in this research is the measurement of carbon mass due to carbon deposition on the surface of catalyst.

Results showed that catalyst with the composition of Ni:Mo ratio 0.25 and K:P promotor ratio 0.45 has the best selectivity for three reasons, namely its capability to produce the most of C14 – C18 chain, its ability to lower the iodine value and saponification value of the product, and its ability to catalyze the breakage of cyclopropanoic structure to obtain green diesel product that is comparable to standard. Moreover, catalyst with low Ni:Mo ratio of 0.25 and high K:P promotor ratio of 0.55 didn't promote hydrotreating reaction as well as catalyst with Ni:Mo ratio of 0.35 with low K:P promotor ratio of 0.25. Both ratio, in parallel, promoted a pyrolysis reaction that produced black-colored bio-oil. Meanwhile, deposition of carbon on the surface of catalyst can be prevented by adding K:P promotor mole ratio of 0,4 to 0,5.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Minyak bumi memiliki peranan yang krusial dalam kehidupan sehari – hari, terutama dalam sektor kelistrikan, industri, dan transportasi. Kegunaan minyak bumi pada sektor tersebut berperan sebagai bahan bakar yang dikonversi menjadi energi kinetik dan energi listrik. Berkembangnya sektor kelistrikan, industri dan transportasi akan membutuhkan lebih banyak minyak bumi untuk digunakan. Namun ketersediaan minyak bumi sebagai energi tak terbarukan tidak sebanding dengan jumlah penggunaannya sehingga dapat menimbulkan krisis energi. Selain itu, penggunaan minyak bumi juga memberikan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> di permukaan bumi sehingga menimbulkan pemanasan global yang sudah berada pada level kritis.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi krisis energi dan mencegah peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di masa depan adalah dengan menggunakan bahan bakar terbarukan berbasis biomassa, seperti biodiesel (FAME), bioethanol, dan *green diesel* (hidrokarbon). Biomassa merupakan pemanfaatan sisa atau limbah dari tumbuhan yang mengandung karbohidrat atau pati, trigliserida (minyak), dan lignoselulosa menjadi energi terbarukan. Salah satu contoh tanaman penghasil minyak yang potensial di Indonesia adalah pohon kapok. Pemanfaatan minyak biji kapok sebagai sumber bahan bakar diesel merupakan alternatif yang baik mengingat kapok dapat tumbuh dengan mudah di Indonesia dan merupakan minyak non – pangan sehingga tidak akan bersaing dengan sektor pangan.

Namun minyak biji kapok tidak dapat dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar karena kandungan gugus siklopropanoid didalamnya yang menyebabkan kestabilan oksidasi dan termal minyak biji kapok menjadi rendah sehingga mudah terpolimerisasi. Minyak yang terpolimerisasi dapat menyebabkan penyumbatan pada sistem injeksi bahan bakar. Selain itu, viskositas minyak yang tinggi mengharuskan minyak biji kapok melalui proses *hydrotreating* terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar nabati (*biofuel*) pengganti solar.

Proses *hydrotreating* minyak biji kapok dengan gas H<sub>2</sub> melibatkan reaksi penjumlahan dan deoksigenasi. Reaksi penjumlahan bertujuan untuk menjenuhkan ikatan



rangkap tunggal maupun ganda dan memutuskan gugus siklopropanoid dalam rantai asam lemak minyak biji kapok. Reaksi deoksigenasi dapat menghilangkan atom O dalam struktur asam lemak sehingga minyak biji kapok akan terkonversi menjadi *green diesel* (bio-hidrokarbon). *Green diesel* hasil hidrodeoksigenasi ini merupakan bahan bakar dengan *cold flow properties* yang baik akibat adanya rantai hidrokarbon bercabang (sekitar 10%) yang berasal dari pemutusan gugus siklopropanoid. *Cold flow properties* menunjukkan kemampuan hidrokarbon untuk digunakan pada suhu rendah.

Proses *hydrotreating* membutuhkan gas  $H_2$  bertekanan tinggi serta katalis logam bimetalik agar didapat *green diesel* dari minyak biji kapok. Katalis bimetalik yang digunakan adalah katalis Nikel – Molibdenum (Ni-Mo) sulfida dengan *support*  $\gamma-Al_2O_3$ . Untuk mencegah interaksi antara *support* dan katalis yang dapat menghambat reaksi *hydrotreating*, promotor Fosfor (P) dan Kalium (K) ditambahkan ke dalam katalis. Peranan promotor tersebut juga terletak pada dispersi senyawa  $MoS_2$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

*Hydrotreating* dapat mengkonversi minyak biji kapok menjadi menjadi bahan bakar terbarukan *green diesel* karena proses *hydrotreating* menjenuhkan asam lemak minyak biji kapok kemudian menghilangkan oksigen dari asam lemak tersebut. Hasilnya akan didapat *green diesel* dengan *cold flow properties* yang baik. Penentuan komposisi pusat aktif katalis, promotor, dan kondisi operasi yang tepat dapat mempengaruhi laju dan selektivitas reaksi *hydrotreating*, sehingga dapat menghasilkan *yield green diesel* yang optimum.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mengkaji dan memahami proses *hydrotreating*, terutama proses deoksigenasi pada minyak biji kapok untuk menghasilkan biohidrokarbon *green diesel*. Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.3.1 Menentukan komposisi pusat aktif dan promotor yang tepat untuk meningkatkan aktivitas, dan selektivitas katalis secara umum.

1.3.2 Mempelajari pengaruh komposisi promotor  $H_3PO_4$  dan  $K_2CO_3$  terhadap kinerja katalis dan pencegahan *coke formation*.

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang diusulkan terbatas dan hanya menyelidiki :

1.4.1 Jenis minyak yang digunakan dalam penelitian adalah minyak biji kapok (*Ceiba pentandra*)

1.4.2 Temperatur operasi yang digunakan adalah 340°C.

1.4.3 Tekanan operasi dilangsungkan pada 50 bar.

1.4.4 Waktu operasi adalah 4 jam untuk proses deoksigenasi.

1.4.5 Perlakuan hidrogenasi awal selama 2 jam pada temperatur 260°C dan tekanan pada rentang 35 bar.

1.4.6 Katalis yang digunakan adalah NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> percobaan dengan variasi rasio pusat aktif (0,25 / 0,35).

1.4.7 Promotor yang digunakan adalah promotor P dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan promotor K dengan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan variasi komposisi (0,35/0,4/0,45/0,5/0,55).

1.4.8 Variabel faktor (atau variabel bebas) yang divariasikan adalah komposisi pusat aktif dari katalis dan komposisi serta sumber promotor K.

1.4.9 Variabel respon kualitatif yang diperiksa dari proses deoksigenasi adalah kualitas minyak hasil deoksigenasi dengan analisis FTIR dan uji Besson.

1.4.10 Variabel respon kuantitatif yang diperiksa dari *green diesel* yield proses deoksigenasi adalah pengukuran densitas, pengukuran viskositas, penentuan bilangan iodium, penentuan bilangan sabun, titrasi dengan reagen Durbetaki, dan analisa GC-MS.

1.4.11 Variabel respon yang diperiksa dari katalis adalah morfologi, luas permukaan, dan penyusun katalis dengan analisa SEM-EDS dan BET.

1.4.12 Variabel respon yang diperiksa dari proses *coke formation* adalah banyaknya karbon yang terdeposit pada permukaan katalis dengan analisa gravimetri dengan furnace.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat, antara lain :

1. Bagi mahasiswa :
  - a. Dapat memahami proses *hydrotreating* dalam mengkonversi minyak tumbuhan menjadi biohidrokarbon.

- b. Dapat memahami pengaruh katalis dan penambahan promotor terhadap reaksi *hydrotreating*.
2. Bagi masyarakat :
- a. Dapat menambah wawasan mengenai proses pembuatan biohidrokarbon dari sumber yang terbarukan.
3. Bagi industri dan pemerintah :
- a. Dapat mengetahui ratio komposisi katalis dan promotor yang digunakan dalam proses *hydrotreat* agar proses menjadi optimal.
  - b. Dapat mewujudkan kestabilan produksi energi dalam negeri sehingga tidak lagi bergantung dari negara lain.

## 1.6 Premis

**Tabel 1.1** Premis pembuatan *green diesel* dengan katalis NiMo bahan baku biomassa

No	Nama Peneliti	Bahan	Katalis	Kondisi Operasi	Hasil Percobaan
1	George W. Huber, Paul O'Connor, Avelino Corma.	<i>Sunflower oil</i>	NiMo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 300 - 450°C P = 50 bar	Pada suhu 350°C, <i>yield</i> C15 – C18 : 85%
2	Veriansyah B, Han JY, Kim SK, Hong SA, Kim YJ, Lim JS, Shu YW, Oh SG, Kim J.	<i>Soybean oil</i>	NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 400°C P = 9.2MPa	Produk utama : C15-C18, n-paraffin Konversi : 92.9% <i>Yield</i> C15-C18 : 64.45%berat
3	Guzman A, Torres JE, Prada LP, Nunez ML.	Minyak kelapa sawit	NiMo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 350°C P = 4-9 MPa	Produk utama : C16-C18, n-paraffin <i>Yield</i> molar : 100%
4	Sarah Amadea (2016)	Minyak biji kapok	NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 340°C P = 50 bar	Produk utama : C17 – C18 Selektivitas C17 – C18 : 54,54%