



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**REAKSI PIROLISIS MINYAK JARAK PAGAR MENJADI MINYAK BIO  
SETARA SOLAR KOMERSIAL MENGGUNAKAN KATALIS NiO/ $\alpha$ -  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**SKRIPSI**

**MUHAMMAD SYAH BUDI KUSUMA ADI  
0706269943**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**REAKSI PIROLISIS MINYAK JARAK PAGAR MENJADI MINYAK BIO  
SETARA SOLAR KOMERSIAL MENGGUNAKAN KATALIS NiO/ $\alpha$ -  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**MUHAMMAD SYAH BUDI KUSUMA ADI**

**0706269943**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : M. Syah Budi Kusuma Adi**

**NPM : 0706269943**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 21 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Syah Budi Kusuma Adi  
NPM : 0706269943  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Reaksi Pirolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi  
Minyak Bio Setara Solar Komersial  
Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan  
NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Bambang Heru Susanto S.T., M.T.

(  )

Penguji : Prof. Dr. Ir. Slamet M.T.

(  )

Penguji : Dr. Ir. Asep Handaya Saputra M.Eng.

(  )

Penguji : Dr. Ir. Sukirno M.Eng.

(  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Bambang Heru Susanto, ST, MT selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah membantu bantuan dukungan material dan moral
- (3) Dr. Heri Hermansyah, ST, M.T, selaku dosen pembimbing akademis yang telah menyediakan waktu dan membantu kehidupan akademik perkuliahan selama ini.
- (4) Para dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memberi ilmu dan membagi wawasannya.
- (5) Teman-teman satu riset grup : Ayuko dan Ani yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta kerja samanya selama penelitian berlangsung.
- (6) Kang Djajat dan Mang Ijal sebagai penanggung jawab laboratorium yang selalu mendampingi selama saya penelitian.
- (7) Mas Armand an Mas Beni yang sabar membantu saya dalam karakterisasi.
- (8) Samantha yang terus menerus memberikan semangat dan perhatian.
- (9) Iryandi, Riezqa dan Hariri yang telah memberikan semangat dan diskusi-diskusi yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini.
- (10) Eka, Rahmi, Gondang, Wilda, Valent, Winda dan Ikha yang juga menyusun skripsi serta banyak membantu memberikan informasi dan semangat.
- (11) Paulus, Yogi, dan Dicky yang telah banyak membantu menyegarkan pikiran di sela-sela kesibukan menyusun skripsi.

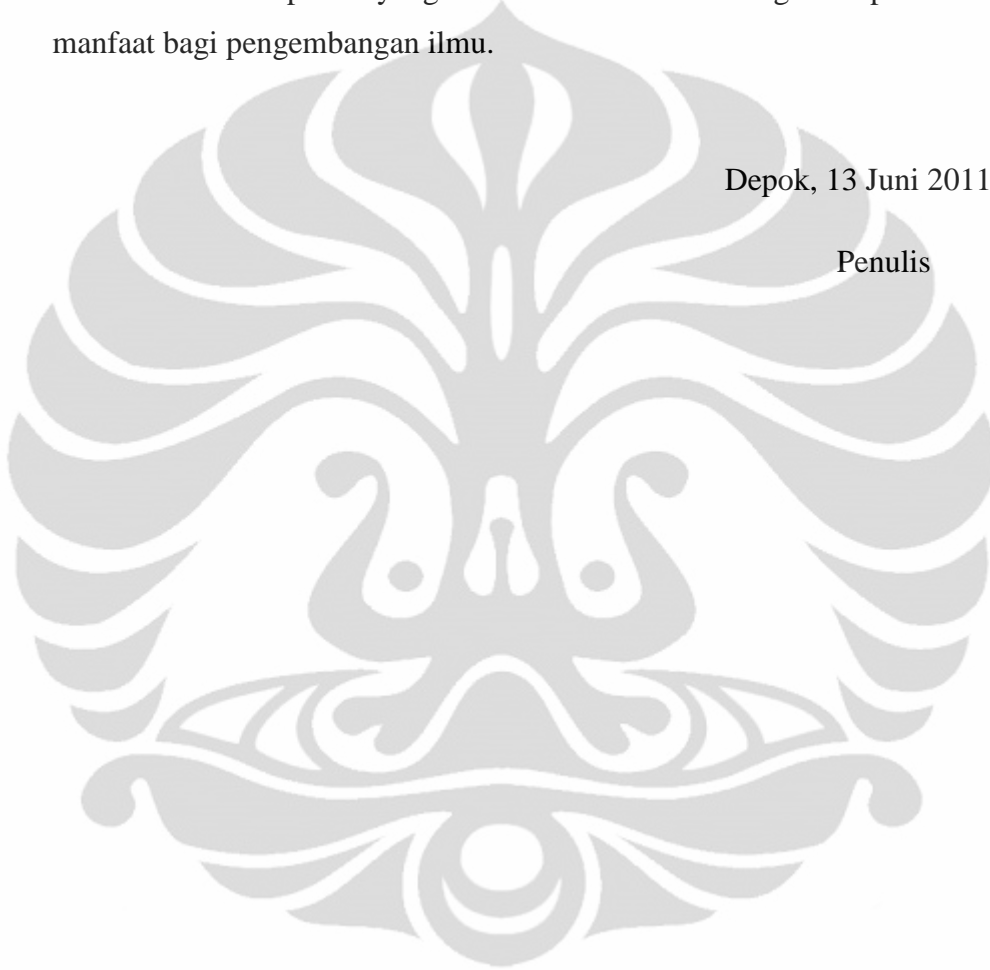
(12) Teman-teman Teknik Kimia UI 2007 atas dorongan semangat dan bantuan informasinya

(13) Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah ikhlas membantu penulis selama penyusunan proposal ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 13 Juni 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Syah Budi Kusuma Adi  
NPM : 0706269943  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Reaksi Pirolisis Minyak Jarak Menjadi Bio Oil Setara Solar Komersial  
Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juni 2011

Yang menyatakan

( Muhammad Syah Budi Kusuma Adi )

## ABSTRAK

Nama : Muhammad Syah Budi Kusuma Adi  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : **Reaksi Pirolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Minyak Bio Setara Solar Komersial Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Minyak bumi sebagai bahan bakar kendaraan bermotor merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan berbahaya bagi lingkungan sehingga perlu dikembangkan sumber energi lain yang dapat diperbarui dan dapat dikembangkan di Indonesia. Salah satu sumber energi tersebut adalah minyak dari jarak pagar. Minyak jarak ini memiliki kandungan trigliserida yang besar sehingga dapat direngkahkan menjadi hidrokarbon setara solar komersial. Perengkahan ini akan mencapai hasil yang baik jika menggunakan katalis dalam prosesnya. Katalis yang digunakan adalah katalis asam yang digunakan untuk reaksi perengkahan (*cracking*). Penelitian ini dilakukan dengan reaksi pirolisis minyak jarak pagar dengan menggunakan penambahan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta dilakukan pemanasan dengan suhu 200-475°C. Hasil yang diharapkan adalah minyak bio hasil reaksi pirolisis memiliki kualitas yang sama atau mendekati solar komersial.

**Kata kunci:** minyak jarak, pirolisis.

## ABSTRACT

Name : Muhammad Syah Budi Kusuma Adi  
Major : Chemical Engineering  
Title : **Pyrolysis Reaction of Jatropha Oil into Bio Oil Equivalent to Commercial Diesel Fuel Using NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts**

Petroleum, which used as vehicle combustion fuel, is an unrenewable energi resource and has bad effects to the enviroentment, so we need to find a new renewable energi resource and can be developed in indonesia. One of many renewable energi resources is the *Jatropha curcas L.* oil. This oil contains of many triglycerides which can be cracked into hydrocarbons like commercial diesel fuel. This process will have a good result with the help of catalyts. The catalyts used for this experiment is an acid catalyts for cracking processes. This experiment used pirolisis process adding with NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and operated in 475 °C. The expected product is bio oil which has the same value and characteristics as the commercial diesel fuel.

**Key words:** *Jatropha curcas L.* oil, pyrolysis.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	Ix
DAFTAR TABEL.....	X
DAFTAR GAMBAR.....	Xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Bahan Bakar Nabati sebagai Alternatif Energi.....	6
2.2 Minyak Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas L.</i> ).....	7
2.3 Minyak Bio ( <i>Bio Oil</i> ).....	9
2.4 Pirolisis/Perengkahan Termal.....	11
2.4.1 Mekanisme Perengkahan Termal Trigliserida.....	13
2.5 Perengkahan Katalitik.....	14
2.5.1 Katalis.....	14
2.5.2 Reaksi Katalitik.....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.1.1 Studi Literatur.....	17
3.1.2 Persiapan.....	18
3.1.2.1 Persiapan Umpan dan Katalis.....	18
3.1.2.2 Persiapan Reaktor Uji.....	18
3.1.2.3 Tahap Kalibrasi Alat.....	18
3.1.3 Uji Reaksi Pirolisis.....	18
3.1.4 Analisa.....	19

3.1.4.1 Analisa Sifat Fisik.....	20
3.1.4.2 Analisa FTIR.....	21
3.1.4.3 Analisa GC-FID.....	21
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	22
3.3 Penentuan Variabel Operasi.....	23
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN..</b> .....	<b>24</b>
4.1 Analisis Penelitian.....	24
4.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jarak.....	26
4.1.2 Konversi.....	27
4.2 Analisis Produk Hasil Pirolisis.....	31
4.2.1 Densitas dan Viskositas Minyak Bio.....	31
4.3 Analisis Komponen Penyusun Minyak Bio.....	32
4.3.1 Analisis FTIR.....	32
4.3.2 Analisis GC-FID.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..</b> .....	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA..</b> .....	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN..</b> .....	<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Sifat Beberapa minyak Nabati dengan Potensi Bahan Bakar Alternatif ..... 7
Tabel 2.2	Komposisi Asam Lemak dalam Minyak jarak dan Minyak Sawit ..... 8
Tabel 2.3	Sifat Fisik dan Kimia Minyak jarak Pagar ..... 9
Tabel 2.4	Perbandingan Penggunaan Biodiesel, Minyak Jarak, Solar pada Performa Mesin Diesel ..... 10
Tabel 2.5	Beberapa metode Pirolisis dan Variasi Operasi serta Produknya ..... 12
Tabel 4.1	Sifat Fisik dan Kimia Minyak jarak dan Solar Pertamina.. 26
Tabel 4.2	Senyawa Penyusun Minyak Jarak Sebelum dilakukan Perengkahan..... 27
Tabel 4.3	Konversi Minyak Bio yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 480 °C..... 27
Tabel 4.4	Konversi Minyak Bio yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 600 °C ..... 28
Tabel 4.5	Konversi Minyak Bio yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 550 °C..... 29
Tabel 4.6	Konversi Minyak Bio yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 600 °C..... 29
Tabel 4.7	Konversi Minyak Bio yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 700 °C..... 30
Tabel 4.8	Data Densitas dan Viskositas Minyak Bio Hasil Pirolisis. 31
Tabel 4.9	Bilangan Gelombang..... 32
Tabel 4.10	Komposisi Minyak Bio Hasil Pirolisis..... 35
Tabel 4.11	<i>Yield</i> Biosolar Hasil Pirolisis..... 36

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Produksi BBM per Produk per Tahun..... 1
Gambar 2.1	Tanaman dan Minyak Jarak Pagar..... 8
Gambar 2.2	Struktur Kimia Trigliserida..... 9
Gambar 2.3	Proses Konversi Trigliserida secara Termokimia..... 11
Gambar 2.4	Mekanisme Dekomposisi Termal Trigliserida..... 14
Gambar 2.5	Perengkahan Katalitik Trigliserida..... 16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian..... 18
Gambar 3.2	Skema Reaktor..... 19
Gambar 3.3	Piknometer dan Viskometer Ostwald..... 21
Gambar 3.3	Instrumentasi FTIR..... 21
Gambar 3.4	Instrumentasi GC-FID..... 22
Gambar 4.1	Skema Reaktor..... 24
Gambar 4.2	Minyak Jarak Murni..... 25
Gambar 4.3	Minyak Bio Hasil Pirolisis Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ..... 25
Gambar 4.4	Minyak Bio Hasil Pirolisis menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ..... 26
Gambar 4.5	Konversi Minyak Bio Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 480 °C..... 28
Gambar 4.6	Konversi Minyak Bio Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 600 °C ..... 28
Gambar 4.7	Konversi Minyak Bio Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 550 °C ..... 29
Gambar 4.8	Konversi Minyak Bio Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 600 °C ..... 30
Gambar 4.9	Konversi Minyak Bio Menggunakan Katalis NiO/ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 700 °C ..... 30

Gambar 4.10	Spektrum FTIR Minyak Jarak.....	33
Gambar 4.11	Spektrum FTIR Solar Komersial.....	33
Gambar 4.12	Spektrum FTIR Minyak Bio Hasil pirolisis dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	34
Gambar 4.13	Spektrum FTIR Minyak Bio Hasil pirolisis dengan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil FTIR Minyak Bio dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	41
Lampiran 2 Hasil FTIR Minyak Bio dengan Katalis NiO/ $\alpha$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	42
Lampiran 3 Hasil GC-FID Minyak Bio dengan Katalis NiO/ $\alpha$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	43
Lampiran 4 Hasil GC-FID Minyak Bio dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	46





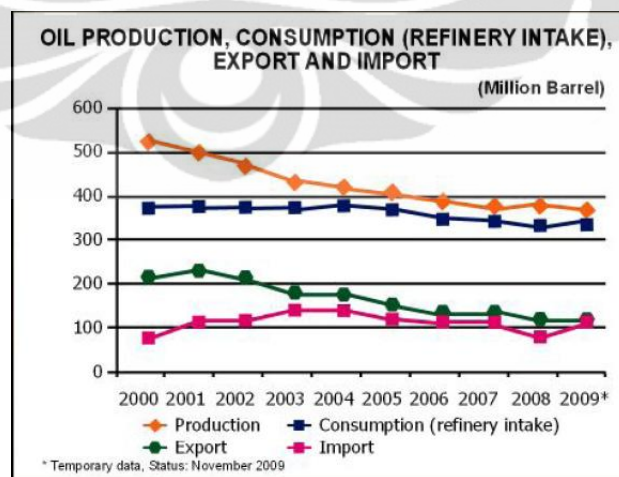
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi fosil dari tahun ke tahun terus meningkat, di Indonesia sendiri kebutuhan akan energi fosil sangat besar mencapai 50% dari kebutuhan energi nasional. Akan tetapi hal ini berbanding terbalik dengan jumlah cadangan minyak bumi yang telah ditemukan semakin menipis. Keberadaan minyak bumi mengalami penurunan cadangan adalah hakikat dari sebuah sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Hal ini diproyeksikan akan menimbulkan krisis energi dunia di masa depan. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi terbarukan sebagai alternatif amat diperlukan dalam mengantisipasi krisis energi dunia di masa depan dan mengurangi ketergantungan atas bahan bakar fosil khususnya di Indonesia.

Peningkatan kebutuhan energi ini tidak mungkin dikurangi dikarenakan pembangunan yang terus berjalan dan penambahan penduduk yang berlipat ganda, sehingga membutuhkan dukungan energi. Energi diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, transportasi, rumah tangga, dan jasa. Pemenuhan konsumsi energi saat ini hampir 50% dipenuhi dari sumber energi minyak yaitu untuk keperluan transportasi dan industri.



Gambar 1. 1 Produksi BBM per Produk per Tahun<sup>[1]</sup>



Disamping tidak dapat diperbaharui, bahan bakar fosil menghasilkan zat – zat emisi yang cukup berbahaya bagi lingkungan, zat zat emisi seperti CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dimana zat – zat ini dapat meningkatkan pemanasan global. Faktor lingkungan saat ini amat diperhitungkan bagi pemakaian produk – produk untuk keperluan sehari – hari khususnya pemakaian produk yang berbahan kimia. Saat ini dibutuhkan produk yang seminimal mungkin menghasilkan pencemaran bagi lingkungan, dapat diperbaharui serta tidak berbahaya bagi manusia. Degradasi produk turunan tersebut mengakibatkan pembentukan senyawa – senyawa baru pada saat pemakaian ataupun saat hasil samping proses pemakaian tersebut terlepas ke lingkungan. Kemampuan produk tersebut dapat diperbaharui kembali juga perlu diperhitungkan karena untuk penghematan energi dan pengefektifan pemakaian energi serta pencegahan agar tidak terjadi polusi lebih lanjut bagi lingkungan<sup>[2]</sup>. Kebutuhan produk yang ramah lingkungan dan pemakai saat ini amat perlu pengembangan lebih lanjut.

Oleh karena itu dibutuhkannya suatu solusi mengatasi ketersediaan bahan bakar fosil dan polusi terhadap lingkungan. Salah satu solusinya adalah pengadaan bahan bakar alternatif yang terbuat dari bahan yang terbarukan, ekonomis dan mudah didapatkan di Indonesia. Bahan yang dapat digunakan untuk alternatif tersebut salah satunya adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) yang dapat disintesis menjadi minyak bio yang memiliki kualitas setara bahan bakar solar<sup>[3,4]</sup>.

Prospek pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar alternatif saat ini sangat menjanjikan karena mendapatkan perhatian dari pemerintah secara serius, terbukti dengan dirintisnya penelitian dan pengembangan oleh berbagai instansi pemerintahan dan pendidikan di Indonesia<sup>[3]</sup>. Disamping itu, penggunaan minyak jarak pagar dapat menciptakan lapangan kerja di pedesaan dan pemulihan kembali lahan kritis<sup>[5]</sup>.

Sampai saat ini, telah banyak dilakukan uji coba kelayakan penggunaan minyak jarak pagar pada mesin diesel. Namun, dalam uji coba tersebut terdapat kendala pada saat pemakaian minyak jarak pagar 100% langsung pada mesin diesel dengan menggunakan konverter, terjadi pengentalan pada temperatur rendah<sup>[6]</sup>. Hal ini terjadi dikarenakan minyak jarak pagar sebagaimana

karakteristik minyak nabati lainnya memiliki viskositas yang tinggi, volatilitas yang rendah dan senyawa rantai panjang tidak jenuh yang besar<sup>[6]</sup>.

Beberapa upaya yang telah dilakukan untuk menurunkan viskositas minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) adalah dilusi dengan hidrokarbon (*blending*), emulsifikasi, alkoholisis (transesterifikasi) dan perengkahan (pirolisis atau *thermal cracking* dan *catalytic cracking*)<sup>[7]</sup>. Goyal dkk. melakukan percobaan dengan pirolisis cepat pada biji minyak jarak pagar di dalam reaktor fixed bed dengan rentang temperatur 400-600°C dan dengan penambahan spesi inert nitrogen<sup>[8]</sup>. Hasil yang didapatkan menunjukkan *yield* minyak cair maksimum sebesar 18%.

Kebanyakan minyak bio hasil dari proses pirolisis masih menunjukkan nilai viskositas yang tinggi dan nilai bakar yang rendah. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan oksigen dalam minyak bio hasil pirolisis minyak nabati (45-50%). Oleh karena itu, telah dilakukan berbagai penelitian untuk meningkatkan kualitas dari minyak bio ini dengan menggunakan katalis. Visphute, melakukan proses ini dengan menggunakan bahan baku biomassa dalam kondisi tekanan atmosferik dan temperatur 500 °C dengan katalis heterogen menghasilkan *yield* minyak cair sebesar 40%<sup>[9]</sup>. Buzetski dkk, melakukannya dengan bahan baku minyak nabati pada tekanan atmosferik dan temperatur 350 °C dan menghasilkan *yield* 80-90% minyak<sup>[10]</sup>.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka akan dilakukan sintesis minyak bio dengan cara merengkah minyak jarak pagar dengan proses pirolisis dengan penambahan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini diharapkan mampu menghilangkan kandungan oksigen yang terkandung dalam minyak bio hingga didapatkan jumlah komponen yang sesuai solar komersial.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam peningkatan kualitas minyak bio yang dihasilkan dan menentukan kondisi optimum operasi untuk menghasilkan minyak bio dengan densitas dan viskositas setara solar komersial dengan *yield* yang setinggi-tingginya.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan minyak bio dengan densitas dan viskositas yang setara dengan solar komersial dengan *yield* tinggi.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan penulisan ini diharapkan dapat mengembangkan metode baru untuk menghasilkan bahan bakar dengan sumber daya yang dapat diperbaharui yang memiliki nilai densitas dan viskositas setara dengan solar komersial.

### 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis membatasi pembahasan sebagai berikut :

1. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*).
2. Katalis yang digunakan adalah katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
3. Hasil dari reaksi pirolisis dianalisa dengan menggunakan GC-FID dan FT-IR.
4. Hasil yang dicari adalah besarnya *yield* dari fraksi hidrokarbon yang memiliki nilai densitas dan viskositas setara solar komersial.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan yang digunakan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tinjauan pustaka yang dijadikan dasar penelitian. Meliputi penjelasan mengenai pengertian, sifat, komposisi, dan kegunaan minyak jarak pagar, proses perengkahan secara termal dan katalitik dari trigliserida serta katalis yang digunakan.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi diagram alir penelitian, peralatan, bahan, prosedur penelitian, dan metode yang digunakan dalam menganalisis produk.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi analisis hasil eksperimen yang dilakukan.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan-kesimpulan dari hasil maupun analisis penelitian.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2. 1. Bahan Bakar Nabati sebagai Alternatif Energi**

Bahan bakar nabati merupakan salah satu alternatif bahan bakar yang dapat digunakan di Indonesia, yang terbuat dari minyak nabati. Jenis bahan bakar nabati yang dapat digunakan juga terdiri dari berbagai macam, diantaranya biodiesel, bioetanol, *bio-oil*, dan lain-lain. Tumbuhan yang biasa digunakan sebagai bahan dasar bahan bakar nabati diantaranya adalah minyak kelapa sawit, minyak jagung, minyak kedelai, minyak jarak pagar, dan sebagainya.

Dengan mengacu pada Inpres No. 1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*bio-fuel*) dan Perpres No. 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, maka pengembangan bio-energi (*bio-fuel*) diletakkan dalam dalam upaya percepatan mendapatkan alternatif solusi krisis penyediaan bahan bakar yang selama ini bersumberkan dari minyak mineral. Bahan bakar nabati seperti minyak jarak pagar bersifat terbarukan, *biodegradable*, ramah lingkungan, mudah didapat serta ekonomis, karenanya memiliki nilai tambah dan nilai guna yang besar. Saat ini, telah banyak bahan nabati yang telah di konversi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif, diantaranya terdapat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2. 1** Sifat Beberapa Minyak Nabati dengan Potensi Bahan Bakar Alternatif<sup>f[11]</sup>

<b>Minyak nabati</b>	<b>Viskositas (cSt)</b>	<b>Densitas (g/L)</b>	<b>Titik Flash (K)</b>	<b>HHV (MJ/kg)</b>
Ailanthus	30,2	916	513	39,44
Bay laurel	23,2	921	499	39,30
Beech	34,6	915	515	39,59
Beechnut	38,0	912	533	39,82
Corn	35,4	914	532	39,66
Cottonseed	33,5	915	524	40,38
Hazelnut	24,0	920	503	39,33
Linseed	27,2	921	520	39,50
Mustard oil	33,8	913	518	39,57
Olive	29,8	918	504	39,50
Palm	24,1	923	501	39,74
Peanut	39,6	908	543	39,85
Rapeseed	37,3	912	531	39,52
Safflower seed	31,3	914	531	39,79
H.O. safflower	41,2	906	548	39,51
Sesame	35,5	913	533	39,63
Soybean	32,6	914	528	39,44
Spruce	35,6	914	513	39,57
Sunflower seed	33,9	916	535	39,59

## 2. 2. Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*)

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) dikenal sebagai jarak pagar, dan merupakan tanaman semak yang tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3-5 meter. Tanaman jarak pagar merupakan salah satu tanaman yang mudah ditemukan di Indonesia dan memiliki potensi tinggi untuk digunakan sebagai bahan bakar nabati. Minyak jarak pagar dihasilkan dari biji buah jarak pagar dengan proses ekstraksi menggunakan mesin pengepres atau menggunakan pelarut<sup>[12]</sup>.



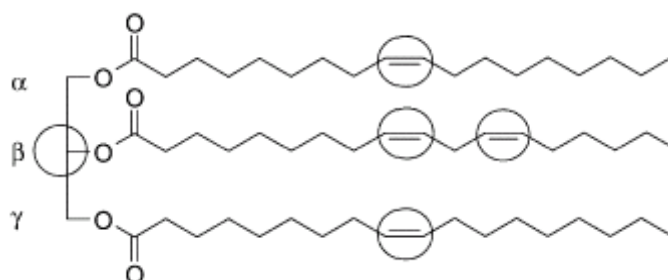
**Gambar 2. 1** Tanaman dan Minyak Jarak Pagar

Dalam biji tanaman jarak pagar yang mengandung kurang lebih 45% minyak, diketahui merupakan trigliserida campuran, yang berarti ketiga asam lemak (dari) gliserida itu pada umumnya tidak sama<sup>[4]</sup>. Komposisi Asam lemak dalam minyak jarak pagar diketahui sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Jarak dan Minyak Sawit<sup>[4]</sup>

Asam lemak		Jarak	Sawit
Asam Miristat	14:0	0 - 0.1	0.9 – 1.5
Asam Palmitat	16:0	14.1- 15.3	39.2 - 45.8
Asam Stearat	18:0	3.7 - 9.8	3.7 - 5.1
Asam Palmitoleat	16:1	0 – 1.3	0 – 0.4
Asam Oleat	18:1	34.3 - 45.8	37.4 – 44.1
Asam Linoleat	18:2	29.0 – 44.2	8.7 – 12.5
Asam Linolenat	18:3	0 – 0.3	0 – 0.6
Asam Arakhidat	20:0	0 – 0.3	0 – 0.04
Asam Behenat	20:0	0 – 0.2	NA

Tabel 2.2 diatas menunjukkan bahwa minyak jarak pagar mengandung trigliserida seperti halnya minyak nabati lainnya. Ikatan tak jenuh pada minyak jarak pagar sekitar tiga kali lebih banyak dari pada minyak sawit. Ikatan tak jenuh, seperti terlihat pada Gambar 2.2, inilah yang menjadi target perengkahan pada penelitian ini.



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Trigliserida<sup>[13]</sup>

Minyak jarak pagar yang telah melalui proses pembersihan dari pengotor mempunyai sifat sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Sifat Fisik dan Kimiawi Minyak Jarak Pagar<sup>[14]</sup>

Parameter	Minyak jarak pagar ( <i>Jatropha oil</i> )
Specifik Gravity 15°C (gr/cm <sup>3</sup> )	0,918-0,92
Sulfur (wt%)	<1
Caloric Value (Kcal/kg)	9470
Viscosity 30°C(cSt)	17,1-52
Cetane Value	39
Flash Point °C	240-290

Dari Tabel 2.3 terlihat bahwa nilai kalor minyak jarak pagar cukup tinggi yaitu setara dengan solar, namun karena viskositasnya yang sangat tinggi (lebih dari 10 kali dari solar), maka minyak jarak pagar tidak dapat digunakan secara langsung menggantikan solar.

### 2. 3. Minyak Bio (*Bio-Oil*)

Minyak bio, atau dikenal juga dengan nama minyak pirolisis, merupakan hasil konversi dari minyak nabati atau biomassa dengan menggunakan proses konversi termokimia, seperti perengkahan secara termal, tanpa penambahan spesi lain. Biasa dijumpai dengan warna coklat tua dan memiliki bau seperti asap. Minyak bio terdiri dari campuran banyak komponen dengan ukuran molekul yang berbeda-beda, yang terbentuk dari depolimerisasi dan reaksi fragmentasi dari komponen utama biomassa, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Oleh karena itu, sifat-sifat dari minyak bio lebih menyerupai sifat biomassa dibanding sifat minyak bumi<sup>[15]</sup>.



Saat ini, minyak bio dinilai sebagai produk dan teknologi yang cocok digunakan baik untuk negara berkembang maupun negara maju. Aspek yang menjadi alasannya dikembangkannya minyak bio diantaranya ketahanan energi, perlindungan lingkungan, penghematan kas negara, kestabilan kurs mata uang, dan isu-isu sosialekonomis lain yang berhubungan dengan masyarakat banyak. Kegunaan minyak bio sendiri yaitu sebagai pengganti bahan bakar konvensional pada kendaraan bermotor, dan dapat digunakan dalam bentuk murni atau campuran dengan bahan bakar konvensional<sup>[15]</sup>.

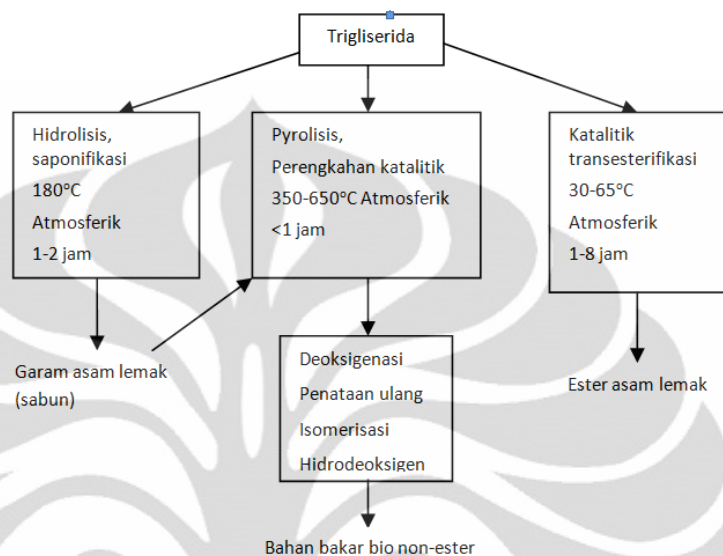
Hingga saat ini telah banyak dilakukan uji coba secara empiris dan ilmiah mengenai kelayakan penggunaan secara langsung minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai minyak bio pada mesin kendaraan. Namun dalam uji coba tersebut terjadi pengentalan minyak pada temperatur rendah<sup>[6]</sup>. Oleh karena itu, seperti diperlihatkan pada Tabel 2.4, diperlukan pemasangan konverter pada mesin karena adanya perbedaan viskositas yang tajam antara minyak jarak pagar dengan solar.

**Tabel 2. 4** Perbandingan penggunaan Biodiesel, Minyak Jarak, Solar pada Performa Mesin Diesel<sup>[6]</sup>

No.	Sifat Perbandingan	Biodiesel	Minyak Jarak	Solar
1	Modifikasi mesin	Tidak	Perlu	Tidak
2	Viskositas (cP)	5	32	2-6
3	Angka setana	51	39	45
4	Deguming	Tidak	Perlu	
5	Korosivitas	-	+	-
6	Stabilitas Penyimpanan	+	-	+
7	Kerak diruang bakar	-	+	-
8	Biodegradability	+	+	-
9	Kalor (MJ/L)	36	35	37

Proses konversi minyak jarak pagar menjadi minyak bio terdiri dari 2 macam proses, yaitu proses biokimia dan proses termokimia. Proses biokimia dilakukan dengan menambahkan atau mereaksikan bahan kimia lain untuk menghasilkan minyak, seperti biodiesel yang dibuat dari reaksi antara minyak

nabati dengan alkohol (esterifikasi). Proses termokimia dilakukan tanpa adanya tambahan bahan kimia dan hanya mengatur kondisi operasi, seperti temperatur, tekanan, dan fasa, saat proses konversi berjalan<sup>[8]</sup>. Berikut adalah skema konversi minyak jarak/trigliserida dengan proses termokimia :



Gambar 2. 3 Proses Konversi Trigliserida dengan Termokimia

#### 2. 4. Pirolisis/Perengkahan Termal

Perengkahan merupakan proses pemecahan molekul organik kompleks atau hidrokarbon berantai panjang menjadi molekul yang lebih pendek dengan memutus ikatan karbon-karbon. Reaksi perengkahan tidak terjadi secara selektif, artinya reaksi pemutusan rantai hidrokarbon terjadi secara acak dan menghasilkan campuran berbagai senyawa hidrokarbon yang lebih kecil serta dapat pula membentuk ikatan rangkap karbon<sup>[16]</sup>.

Pirolisis adalah proses penguraian bahan organik dengan menggunakan panas (*pyro*) tanpa adanya kehadiran oksigen. Penguraian tersebut mengakibatkan lepasnya energi yang terkandung dan zat-zat kimia didalamnya, yang memungkinkan ekstraksi energi dan zat-zat kimia pada biomassa. Produk yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis dapat berupa arang, gas dan minyak, dimana produk minyak hasil pirolisis memiliki potensi tinggi sebagai bahan bakar alternatif<sup>[16]</sup>.

Pada pirolisis terdapat beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisis primer dan pirolisis sekunder. Pirolisis primer adalah pirolisis yang terjadi pada bahan baku (umpan), sedangkan pirolisis sekunder adalah pirolisis yang terjadi atas

partikel dan gas/uap hasil pirolisis primer. Penting diingat bahwa pirolisis adalah penguraian karena panas, sehingga keberadaan oksigen (O<sub>2</sub>) dihindari pada proses tersebut karena akan memicu reaksi pembakaran<sup>[16]</sup>. Bahan baku untuk proses pirolisis dapat berupa minyak nabati, lemak hewani dan bagian dari tumbuhan seperti kayu, daun dsb. Teknologi pirolisis saat ini telah banyak ditemukan, dengan perlakuan dan produk yang berbeda-beda, seperti yang tertulis pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 5 Beberapa Metode Pirolisis dan Variasi Operasi serta produknya<sup>[17]</sup>

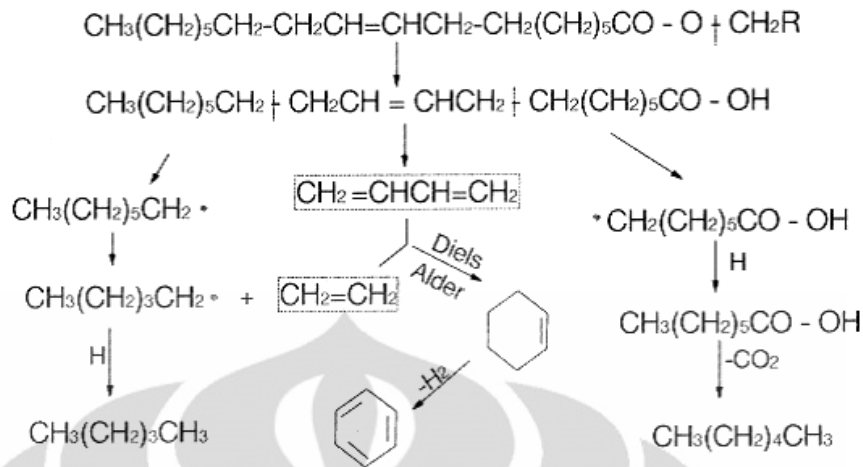
<b>Teknologi Pirolisis</b>	<b>Residence Time</b>	<b>Laju pemanasan</b>	<b>Temperatur (°C)</b>	<b>Produk</b>
Karbonisasi	>1 hari	Sangat rendah	400	Arang
Konvensional	5-30 menit	Rendah	600	Minyak, gas, arang
Pirolisis cepat	0,5-5 detik	Sangat tinggi	650	Minyak bio
<i>Flash-cair</i>	<1 detik	Tinggi	<650	Minyak bio
<i>Flash-gas</i>	<1 detik	Tinggi	<650	Bahan kimia, gas
Ultra pirolisis	<0,5 detik	Sangat tinggi	1000	Bahan kimia, gas
Vakum pirolisis	2-30 detik	Sedang	400	Minyak bio
Hidro pirolisis	<10 detik	Tinggi	<500	Minyak bio
Metano-pirolisis	<10 detik	Tinggi	>700	Bahan kimia

Dibandingkan dengan pirolisis termal konvensional, maka pirolisis katalitik untuk minyak jarak pagar memiliki potensi lebih besar untuk diaplikasikan, dengan melihat pada potensi turunya biaya disebabkan operasi dilakukan pada temperatur lebih rendah dan meningkatnya kualitas minyak yang dihasilkan. Bantuan katalis disini diperlukan karena penggunaan katalis pada pirolisis diharapkan tidak hanya untuk membantu mempercepat terjadinya reaksi perengkahan secara selektif namun juga untuk akselerasi reaksi perpindahan hidrogen dan isomerisasi. Dari reaksi pirolisis dapat diperoleh minyak bio yang tidak mengandung ester. Minyak bio nonester ini memiliki kelebihan yaitu memiliki nilai bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak bio yang mengandung ester (hasil transesterifikasi).

#### 2.4.1. Mekanisme Perengkahan Termal Trigliserida

Proses pirolisis merupakan salah satu proses konversi biomassa yang efisien, mudah dan ramah lingkungan. Namun, masih banyak terdapat kekurangan pada proses konversinya dan produk yang dihasilkan, yang tidak sesuai dengan spesifikasi bahan bakar yang layak. Oleh karena itu, banyak peneliti mencari cara yang tepat untuk menghilangkan kekurangan tersebut, yang menyebabkan banyaknya jenis teknologi pirolisis. Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah dengan simulasi proses pirolisis minyak jarak pagar. Simulasi dilakukan dengan tujuan mencari kondisi operasi optimum untuk berjalannya proses pirolisis yang menghasilkan minyak bio dengan *yield* yang tinggi. Namun, kendala simulasi ini adalah reaksi perengkahan yang terjadi sangat banyak dan kompleks, sehingga perlu dilakukan dengan cermat<sup>[18]</sup>.

Hingga saat ini, telah dilakukan beberapa simulasi proses pirolisis biomassa, dengan membuat prediksi tahapan perengkahan dan model kinetik dari reaksi perengkahan trigliserida yang merupakan komponen utama biomassa, yang berlangsung selama proses pirolisis. Schwab melakukan penelitian mengenai perengkahan termal pada minyak *safflower* yang komposisi penyusun trigliserida utamanya adalah asam oleat. Produk hidrokarbon yang dihasilkan mencapai 88%. Selain itu, dibuat juga prediksi mekanisme perengkahan termal yang terjadi pada trigliserida (Gambar 2.4), dengan mengacu pada hasil perengkahan minyak *safflower* tersebut<sup>[19]</sup>. Mekanisme yang dibuat memiliki asumsi bahwa asam oleat akan terengkah/dekomposisi menjadi tiga spesi, gugus radikal alkil, molekul butadiene, dan gugus radikal karboksil. Produk hidrokarbon yang dihasilkan dari tiga spesi tersebut menjadi produk terpisah, yang berupa pentana, benzena, dan heksana.



Gambar 2. 4 Mekanisme Dekomposisi Termal Triglicerida<sup>[19]</sup>

## 2. 5. Perengkahan Katalitik

### 2.5.1. Katalis

Katalis adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai; dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut tetap dalam bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia. Penggunaan katalis dapat menurunkan tingkat aktivasi energi yang dibutuhkan, membuat reaksi terjadi lebih cepat atau pada temperatur yang lebih rendah. Penggunaan katalis tidak mempengaruhi sifat kimia atau termodinamik dari produk yang dihasilkan. Berdasarkan cara reaksinya, katalis dapat dibagi menjadi dua tipe, homogen dan heterogen. Pada reaksi homogen, katalis memiliki fasa yang sama dengan reaktannya<sup>[20]</sup>.

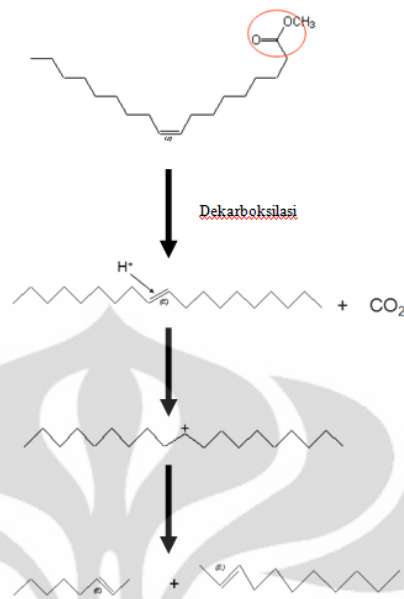
Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Dalam reaksi heterogen, katalis memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan (bahan yang bereaksi). Pada reaksi heterogen, pertama-tama reaktan akan terjerap (teradsorp) pada permukaan aktif katalis, selanjutnya akan terjadi interaksi baik berupa reaksi sebenarnya pada permukaan katalis, atau terjadi pelemahan ikatan dari molekul yang terjerap. Setelah reaksi terjadi, molekul hasil reaksi (produk) dilepas dari permukaan katalis. Oleh karena itu, katalis yang baik perlu memiliki kemampuan menjerap dan melepaskan yang baik<sup>[20]</sup>.

Walaupun katalis heterogen kurang efektif dibandingkan dengan katalis homogen karena heterogenitas permukaannya, namun sistem katalisis heterogen paling luas digunakan dalam bidang industri, hal ini disebabkan sistem katalis heterogen memiliki beberapa keuntungan misalnya<sup>[20]</sup>:

- a. Selektivitas terhadap produk yang diinginkan dapat diperoleh menggunakan sifat selektivitas bentuknya.
- b. Aktivitas intrisik dari inti aktif dapat dimodifikasi oleh struktur padatnya
- c. Komposisi permukaan dapat digunakan untuk meminimalisasi atau meningkatkan adsorpsi dari senyawa tertentu.
- d. Mudah dipisahkan (tidak memerlukan tahap yang panjang) katalis dari produk dengan filtrasi dan digunakan kembali tanpa/dengan regenerasi.
- e. Mengurangi atau menghilangkan limbah (biasanya garam) yang biasa dihasilkan dari netralisasi katalis homogen asam Bronsted atau Lewis

### **2.5.2. Reaksi Katalitik**

Reaksi katalitik atau disebut juga katalisis merupakan reaksi yang melibatkan katalis didalamnya. Pada reaksi katalitik terjadi peristiwa *turnover* yang terjadi pada pusat reaksi atau pada daerah aktif yang terkatalisis ( $[TON] > 1$ )<sup>[21]</sup>. Sebaliknya suatu reaksi tidak dapat sebagai katalisis apabila stoikiometri atau TON-nya kurang dari 1. Berikut adalah reaksi perengkahan katalitik :



**Gambar 2. 5** Perengkahan Katalitik Trigliserida<sup>[22]</sup>

Reaksi perengkahan katalitik berlangsung melalui pembentukan suatu karbokation, dimana hidrokarbon akan terprotonasi oleh hadirnya asam Bronsted/Lewis yang terdapat pada katalis. Struktur karbokation adalah struktur yang tidak stabil, oleh karena itu akan terjadi pemutusan rantai hidrokarbon menjadi rantai yang lebih pendek.

## 2.6 Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis Nikel Oksida (NiO) dan Nikel Molibdenum (NiMo) dengan *support* alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Katalis ini sering digunakan dalam untuk meningkatkan kualitas minyak bio yang dihasilkan. Katalis ini mampu menurunkan kandungan oksigen dalam minyak bio. Kandungan oksigen ini harus dihilangkan karena menyebabkan nilai bakar yang rendah dan viskositas yang tinggi pada minyak bio hasil pirolisis<sup>[23]</sup>.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

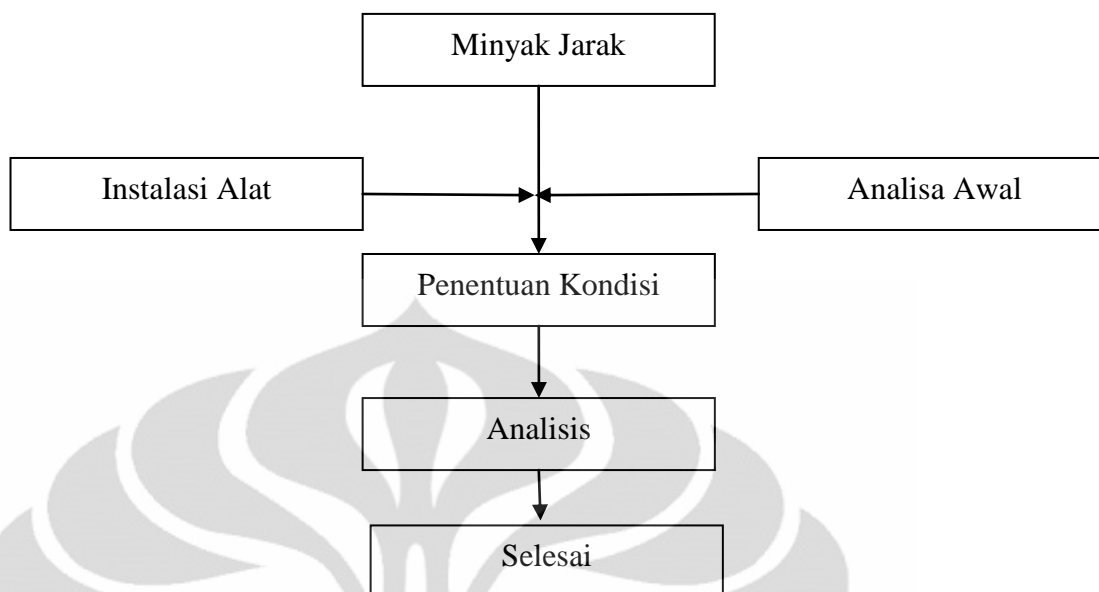
Penelitian ini secara umum bertujuan untuk melakukan proses pirolisis minyak jarak pagar untuk menghasilkan *yield* hidrokarbon senyawa solar yang setinggi-tingginya. Oleh karena itu, diperlukan pengetahuan dan data mengenai konversi minyak jarak pagar menjadi minyak-bio, baik dari literatur yang telah dituliskan pada tinjauan pustaka maupun dari percobaan di laboratorium. Data percobaan di laboratorium yang digunakan adalah variasi rasio antara katalis dengan minyak jarak.

Prosedur percobaan yang dilakukan di laboratorium dimulai dengan memasukkan minyak jarak pagar dan katalis ke dalam reaktor pirolisis. Kemudian dialirkan gas nitrogen selama 2 menit untuk mengusir oksigen yang terdapat di dalam reaktor. Kemudian furnace dinyalakan untuk memanaskan reaktor hingga suhu 475 °C dan lama pemanasan adalah selama 90 menit. Skema proses sederhana dapat dilihat pada gambar 3.2.

Dari data yang diperoleh dari percobaan, dapat dibuat besarnya konversi minyak bio yang dihasilkan, hingga dapat dicari nilai rasio katalis dan reaktan yang optimum dari reaksi ini.

Secara umum, diagram alir penelitian yang diusulkan akan dijalankan dengan mengikuti diagram kerangka berpikir berikut ini :





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.1.1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi mengenai materi-materi yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya mengenai sifat dan karakteristik minyak jarak, penelitian terdahulu mengenai konversi minyak nabati ke minyak bio, proses dan mekanisme perengkahan secara termal dan katalitik, serta referensi lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Pembelajaran materi difokuskan pada tahapan-tahapan yang terjadi pada mekanisme pirolisis pada trigliserida, mulai dari reaktan, produk antara, hingga menjadi produk akhir.

### 3.1.2. Persiapan

#### 3.1.2.1. Persiapan Umpan dan Katalis

Umpan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jarak pagar. Minyak jarak pagar diukur dengan menggunakan gelas ukur untuk kemudian dimasukkan kedalam reaktor uji pirolisis bersama dengan katalis  $\text{NiO}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  yang disiapkan oleh rekan penelitian. Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa rasio massa antara katalis dan reaktan pada setiap reaksi untuk mendapatkan rasio optimum reaktan dan katalis untuk menghasilkan *yield* yang tinggi.

### 3.1.2.2. Persiapan Reaktor Uji

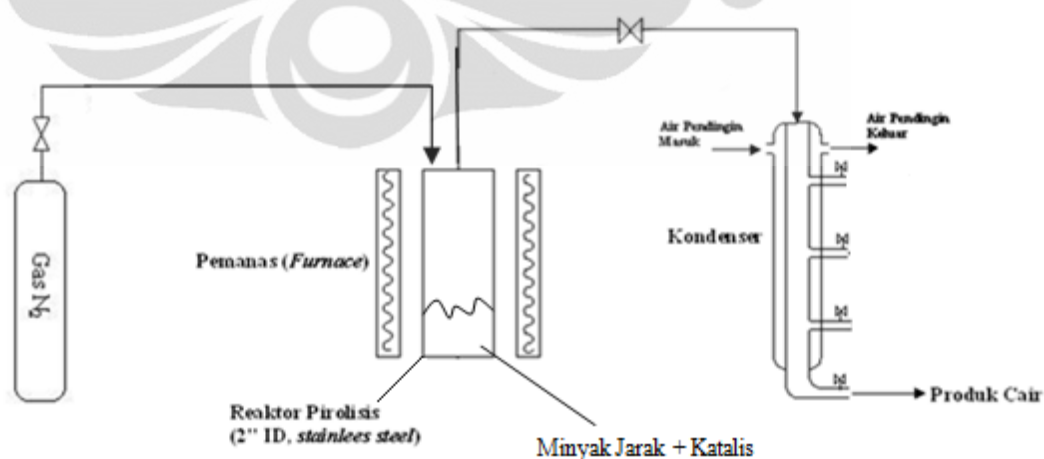
Reaktor yang digunakan berjumlah dua buah dan terbuat dari stainless steel dengan ukuran diameter 3 cm dan panjang 17 cm. Sedangkan pemanas yang digunakan berupa pemanas listrik dengan daya maksimum 1300 watt. Untuk mengetahui temperatur sistem reaksi, maka ditempatkan termokopel pada bagian tengah pemanas.

### 3.1.2.3. Tahap Kalibrasi Alat

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi suhu di dalam reaktor. Prosedur yang dilakukan adalah dengan memanaskan 25 mL minyak jarak dan menempelkan termokopel di bagian luar dan di dalam reaktor untuk mengetahui suhu sesungguhnya saat terjadi proses pemanasan. Suhu pemanas dinaikkan tiap 50 °C hingga mencapai suhu 500 °C. Kedua suhu dari tiap termokopel dibandingkan untuk diketahui berapa selisih antara suhu di dalam dan di luar reaktor sehingga bisa diketahui suhu aktual ketika pemanasan terjadi.

### 3.1.3 Uji Reaksi Pirolisis

Dalam uji reaksi pirolisis ini, dilakukan variasi jumlah katalis. Variasi ini dilakukan untuk mengetahui rasio optimum antara katalis dan reaktan untuk menghasilkan *yield* tertinggi.



Gambar 3. 2 Skema Reaktor

Berikut adalah prosedur uji reaksi pirolisis

1. Mengisi reaktor pirolisis dengan minyak jarak sebesar 25 mL dan katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 0,2204 gram (1% massa).
2. Menyusun reaktor dan peralatan yang digunakan seperti gambar 3.2.
3. Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan 1 kgf/cm<sup>2</sup>.
4. Set temperatur reaktor pirolisis pada temperatur 475 °C selama 30 untuk terjadinya reaksi pirolisis.
5. Produk hasil reaksi ditampung menggunakan gelas ukur.
6. Produk cair yang tertampung kemudian dipisahkan dan kemudian ditimbang untuk dihitung konversinya.
7. Mengalirkan gas nitrogen kedalam sistem reaktor pada tekanan 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> untuk membersihkan reaktor.
8. Mencuci reaktor yang digunakan untuk menghilangkan residu yang menempel di badan reaktor.
9. Mengulang prosedur 1-6 dengan jenis dan kadar katalis yang berbeda-beda.

### 3.1.3 Analisa

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dari reaksi yang telah dilakukan. Analisa tersebut meliputi :

#### 3.1.3.1 Analisa Sifat Fisik

Analisa ini dilakukan dengan mengukur beberapa parameter berikut :

1. Pengukuran densitas.  
Pengukuran densitas dengan menggunakan piknometer bertujuan untuk menganalisis perubahan densitas yang terjadi bila dibandingkan dengan minyak jarak murni. Prosedur pengukuran densitas ini adalah sebagai berikut :
  - a. Menimbang massa piknometer kosong.
  - b. Memasukkan sampel ke dalam piknometer sampai penuh.

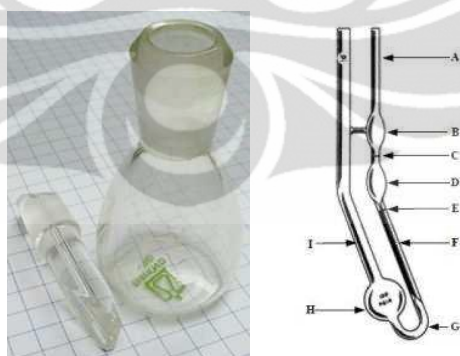
- c. Menutup piknometer dan memastikan bahwa tidak ada gelembung udara dalam sampel.
- d. Menimbang massa piknometer yang berisi sampel.
- e. Menghitung besar densitas

$$\rho \text{ (g/mL)} = \text{massa sampel (g)/volume piknometer (mL)}$$

## 2. Pengukuran viskositas.

Penentuan viskositas dilakukan dengan viskometer Ostwald dan mencatat waktu yang diperlukan suatu fluida untuk mencapai batasan tertentu. Prosedur pengukuran densitas ini adalah sebagai berikut :

- a. Memasukkan sampel ke dalam viskometer melalui ujung reservoir kecil sampe mencapai bagian atas dan menahan permukaan sampel dalam viskometer dengan karet penghisap.
- b. Melonggarkan karet pelan-pelan agar permukaan sampel dalam viskometer turun. Ketika permukaan cairan sampai pada batas atas reservoir kecil bagian bawah, aliran cairan dalam viskositas mulai dilepaskan dan waktu mulai dihitung sampai cairan dalam reservoir habis.



**Gambar 3.2** Piknometer dan Viskometer Ostwald

### 3.1.3.2 Analisa FTIR

Analisa ini dilakukan untuk melihat dengan jelas ikatan-ikatan apa saja yang dimiliki oleh sampel yang dihasilkan dari proses reaksi pirolisis. Dengan analisa ini, dapat diketahui tingkat reaksi pirolisis

yang terjadi. Hal ini dapat diketahui dengan melihat gugus karboksil yang terlepas dari kerangka ikatan.



**Gambar 3.3** Instrumentasi FTIR

### 3.1.3.3 Analisa GC-FID

Secara umum, kromatografi digunakan untuk memisahkan suatu campuran kimia menjadi komponen-komponen penyusunnya. Sekali terpisah, komponen-komponen tersebut dapat dievaluasi secara individu. Dalam semua kromatografi, pemisahan terjadi ketika sampel campuran diinjeksikan ke dalam fasa bergerak. Dalam *gas chromatography* (GC), fasa bergerak berupa suatu gas inert seperti helium (*Gas Chromatography*, 1998). Dalam penelitian ini akan digunakan GC jenis FID. Flame Ionization Detector (FID) adalah detector Gc yang paling populer. Salah satu alasannya adalah karena mudah digunakan. FID merupakan detector terbaik untuk mendeteksi hidrokarbon dan komponen lain yang mudah terbakar. (*The Flame Ionization Detector*, n.d.).



**Gambar 3.4** Instrumentasi GC-FID

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan
2. Spatula
3. Cawan
4. *Beaker glass*
5. Pipet/*Syringe*
6. Pemanas/*Furnace*
7. Reaktor
8. Gelas ukur
9. Pompa air
10. Kondenser

Bahan yang digunakan :

1. Minyak Jarak Pagar
2. Katalis  $\text{NiO}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
3. Katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$
4. Gas nitrogen ( $\text{N}_2$ )
5. Air pendingin

### 3.3. Tahap Uji Model Penelitian

#### 3.2.1. Penentuan Variabel Operasi

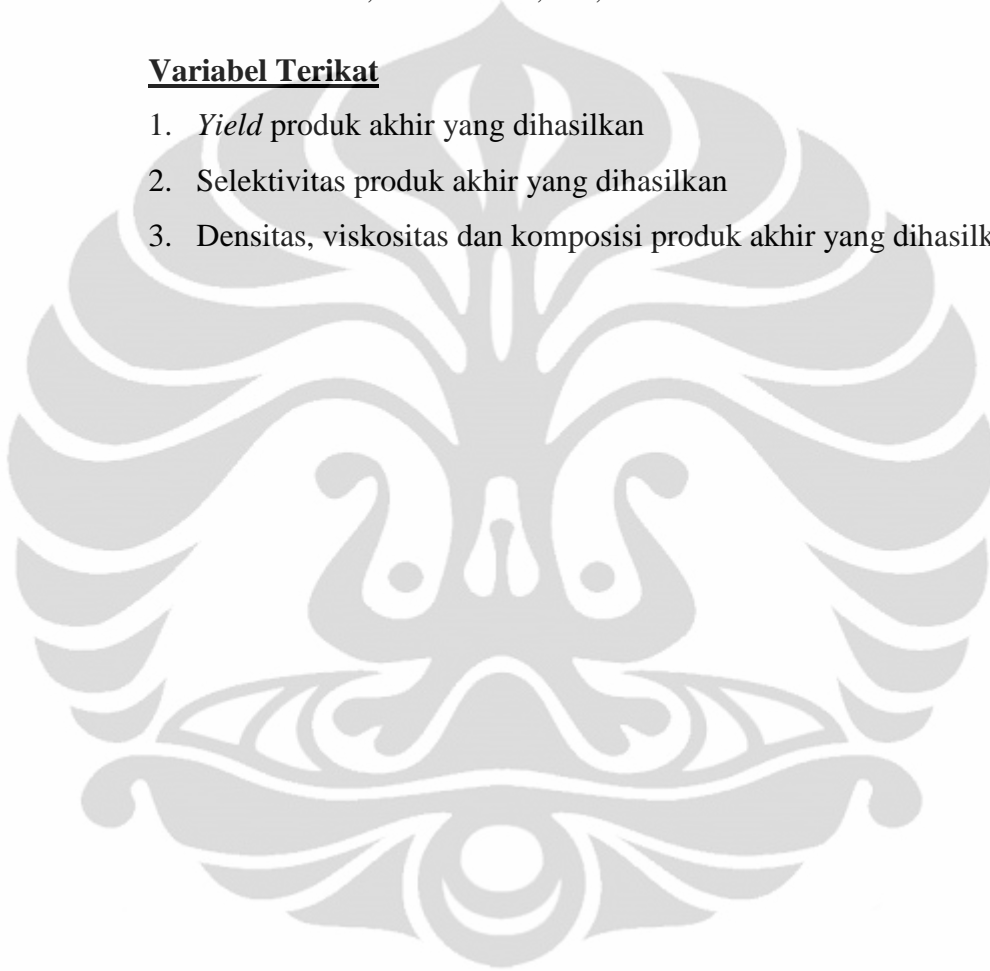
Variabel yang menjadi parameter penting dari penelitian ini terdiri beberapa variabel sebagai berikut:

##### **Variabel Bebas**

1. Kadar katalis, berkisar 1%, 2%, 5% dan 10% massa dari massa reaktan

##### **Variabel Terikat**

1. *Yield* produk akhir yang dihasilkan
2. Selektivitas produk akhir yang dihasilkan
3. Densitas, viskositas dan komposisi produk akhir yang dihasilkan



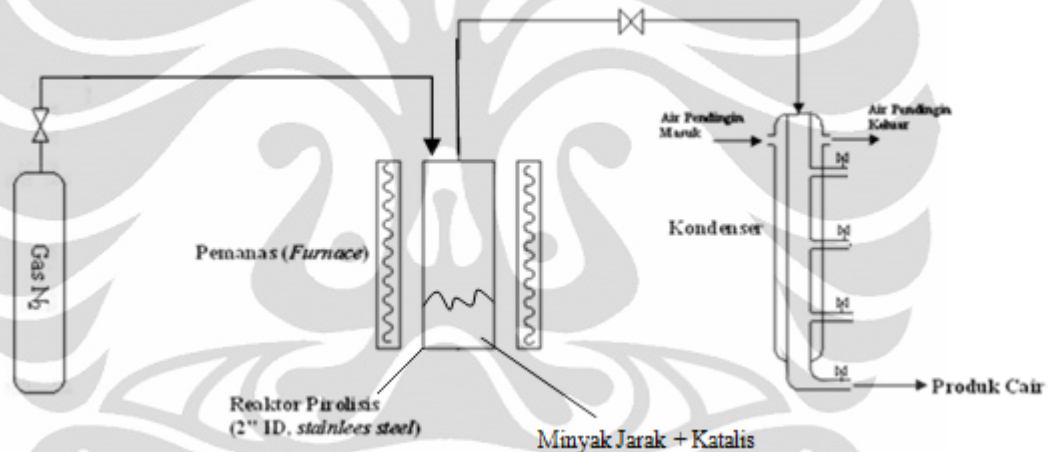


## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi pirolisis yang optimum dalam mengkonversi minyak jarak (*Jatropha curcas*) menjadi biooil yang memiliki karakteristik setara dengan solar komersial, dengan variabel rasio antara katalis dengan minyak jarak (*Jatropha curcas*). Uji coba reaksi pirolisis ini dilakukan dalam reaktor stainless steel dengan diameter 5 cm dan panjang 20 cm. berikut adalah skema reaktor yang digunakan dalam penelitian :



Gambar 4.1 Skema Reaktor

Umpan berupa minyak jarak pagar dimasukkan bersama dengan katalis ke dalam reaktor. Gas nitrogen kemudian dialirkan ke dalam reaktor untuk mengeluarkan udara luar yang mengandung oksigen dari dalam reaktor. Reaktor kemudian dipanaskan hingga suhu 475 °C untuk terjadinya pirolisis. Produk reaksi pirolisis yang berupa gas, keluar menuju kondensator. Di dalam kondensator, gas hasil reaksi mengembun membentuk fasa cair. Produk cair ini di tampung di dalam gelas ukur dan kemudian ditimbang. Tidak semua hasil reaksi dapat terkondensasi. Hal ini terbukti dengan adanya uap putih yang keluar memasuki gelas ukur namun segera menghilang tanpa membentuk fasa cair. Gas yang tidak dapat terkondensasi tersebut kemungkinan besar adalah hidrokarbon yang



memiliki rantai sangat pendek ( $C_1$ - $C_4$ ) yang memiliki titik di bawah suhu kamar. Jumlah produk gas yang terbentuk ini dapat diketahui dengan menghitung selisih antara reaktan mula-mula dengan produk cair yang terbentuk.

Produk cair yang dihasilkan mengandung minyak bio dan sedikit air. Air berada di bagian bawah karena memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan dengan minyak bio. Minyak bio hasil reaksi pirolisis sendiri berwarna coklat dan dapat dipisahkan dengan mudah dari air dengan menggunakan pipet. Bila diamati, minyak bio ini bersifat lebih encer dibandingkan dengan minyak jarak. Hal ini berarti telah terjadi perengkahan dari hidrokarbon penyusun minyak jarak tersebut.



Gambar 4.2 Minyak Jarak Murni



Gambar 4.3 Minyak Bio Hasil Pirolisis menggunakan katalis  $NiO/\alpha-Al_2O_3$



Gambar 4.4 Minyak Bio Hasil Pirolisis menggunakan katalis  $NiMo/\gamma-Al_2O_3$

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan hasil yang berbeda. Penggunaan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan minyak bio yang berwarna coklat kehitaman. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perengkahannya menghasilkan senyawa hidrokarbon yang memiliki unsur karbon yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil GC-FID yaitu senyawa yang dominan adalah hidrokarbon rantai panjang (C<sub>18+</sub>) dan dapat dimasukkan ke dalam fraksi pelumas.

Penggunaan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan senyawa minyak bio berwarna coklat kekuningan. Hal ini memperlihatkan bahwa terjadi perengkahan secara selektif menuju hidrokarbon rantai pendek. Hasil GC-FID juga menunjukkan bahwa senyawa dominan adalah hidrokarbon rantai menengah (C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub>) dan dapat dimasukkan ke dalam fraksi solar.

#### 4.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jarak

Sebagai acuan awal untuk perbandingan antara minyak jarak sebelum pirolisis dan *bio-oil* sebagai produk pirolisis maka nilai viskositas dan densitas minyak jarak perlu diketahui terlebih dahulu. Selain itu perlu diketahui juga sifat fisik dan kimia dari solar komersial sehingga dapat diketahui apakah bio-oil yang dihasilkan sudah setara dengan solar atau belum, dan pada akhirnya dapat ditentukan kondisi pirolisis yang optimum untuk mengkonversi minyak jarak menjadi setara solar. Tabel berikut adalah data perbandingan antara densitas dan viskositas minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini dan solar Pertamina. :

Tabel 4.1. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jarak dan Solar Pertamina

Parameter	Minyak Jarak	Solar
Densitas <sub>29</sub> <sup>o</sup> C (gr/cm <sup>3</sup> )	0,921	0,815-0,87
Viskositas <sub>29</sub> <sup>o</sup> C(cp)	40,5	2-6

Dari tabel 4.1 bisa diketahui bahwa densitas maupun viskositas dari minyak jarak belum setara dengan solar komersial terutama pada viskositasnya. Viskositas minyak jarak jauh lebih tinggi dibandingkan dengan solar komersial. Hal ini dikarenakan minyak jarak memiliki hidrokarbon rantai panjang yang lebih banyak dibandingkan dengan solar.

Tabel 4.2. Senyawa Penyusun Minyak Jarak Sebelum Dilakukan Perengkahan

Komponen	Komposisi (% <i>massa</i> )
C12:0	4,99
C16:0	8,66
C18:0	12,9
C18:1	21,3
C18:2	46,26
C24:6	0,65
Lain	4,71
Total	99,47

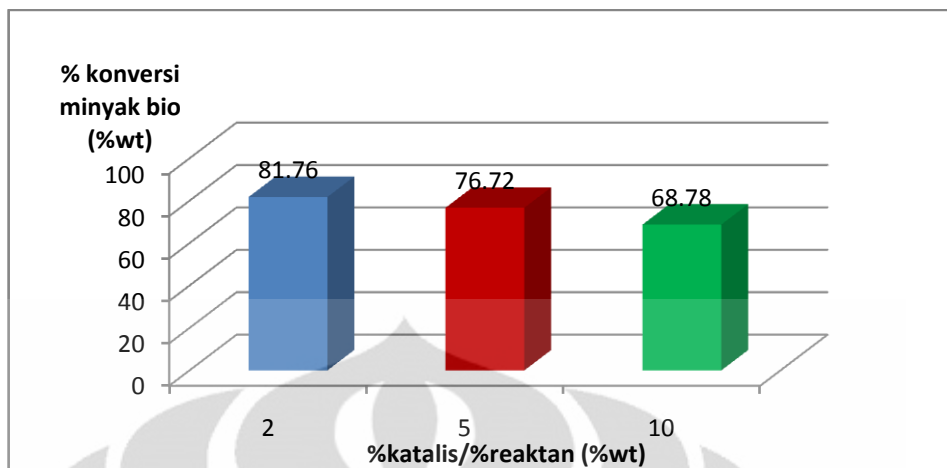
Tabel 4.2 menunjukkan bahwa minyak jarak sebagian besar terdiri dari hidrokarbon rantai panjang yang tak jenuh. Hidrokarbon ini dapat direngkahan dengan metode pirolisis sehingga dapat menurunkan viskositas dari minyak jarak tersebut sehingga dapat setara dengan solar komersial. Reaksi pirolisis juga dapat dilakukan dengan menggunakan katalis sehingga dapat mempercepat terjadinya reaksi perengkahan dan meningkatkan konversi hidrokarbon rantai pendek yang dihasilkan

#### 4.1.2 Konversi

Besarnya konversi dalam penelitian ini menunjukkan besarnya minyak bio yang dihasilkan oleh reaksi pirolisis dengan menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibandingkan dengan reaktan mula-mula. Dari data perhitungan, konversi minyak bio hasil pirolisis minyak jarak ditunjukkan pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3. Konversi Minyak Bio Yang Dihasilkan Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 480 °C

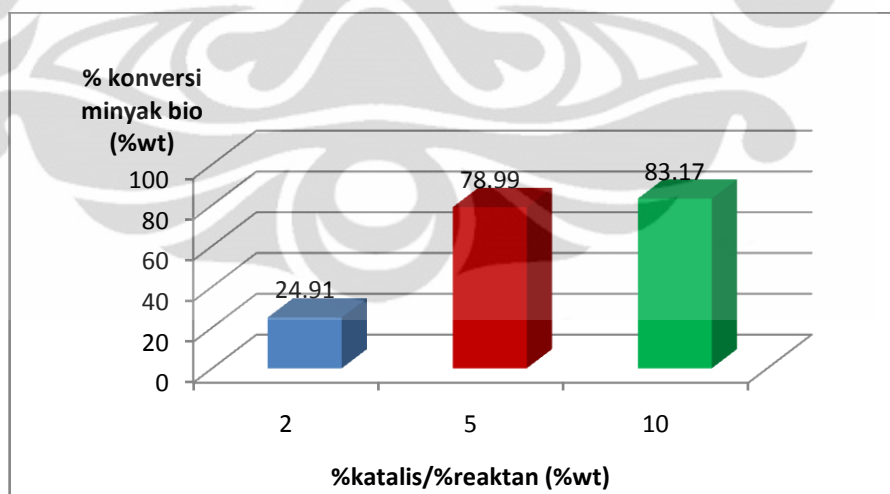
rasio katalis/reaktan (%)	hasil (g)	Konversi (% wt)
2	18,02	81,76
5	16,91	76,72
10	15,16	68,78



Gambar 4.5 Konversi Minyak Bio Menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 480 °C

Tabel 4.4. konversi minyak bio yang dihasilkan menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C

rasio katalis/reaktan (%)	hasil (g)	konversi (% wt)
2	5,49	24,91
5	17,41	78,99
10	18,33	83,17



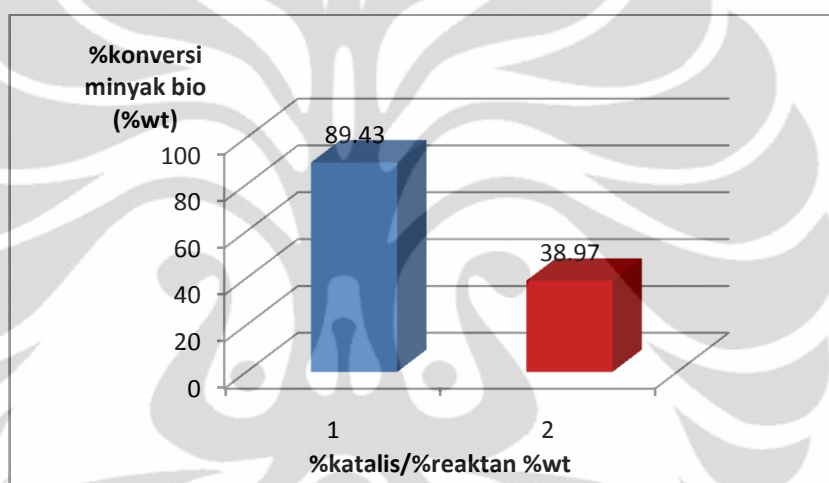
Gambar 4.6 Konversi Minyak Bio Menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C

Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa rasio berat katalis berbanding berat reaktan memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam reaksi perengkahan. Nilai konversi terbesar diperoleh ketika menggunakan rasio berat katalis 10% dari

katalis yang dikalsinasi pada suhu 600 °C. Nilai konversi yang diperoleh adalah 83,17%.

Tabel 4.5. konversi minyak bio yang dihasilkan menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C

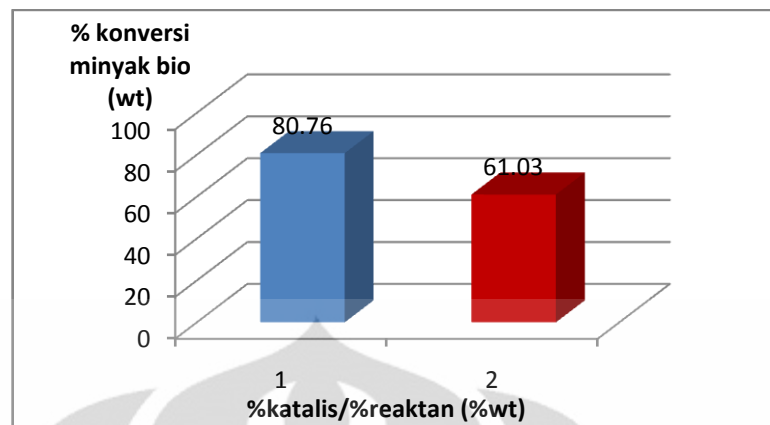
rasio katalis/reaktan (%)	hasil (g)	konversi (%wt)
1	19,71	89,43
2	8,59	38,97



Gambar 4.7 Konversi Minyak Bio Menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C

Tabel 4.6. konversi minyak bio yang dihasilkan menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C

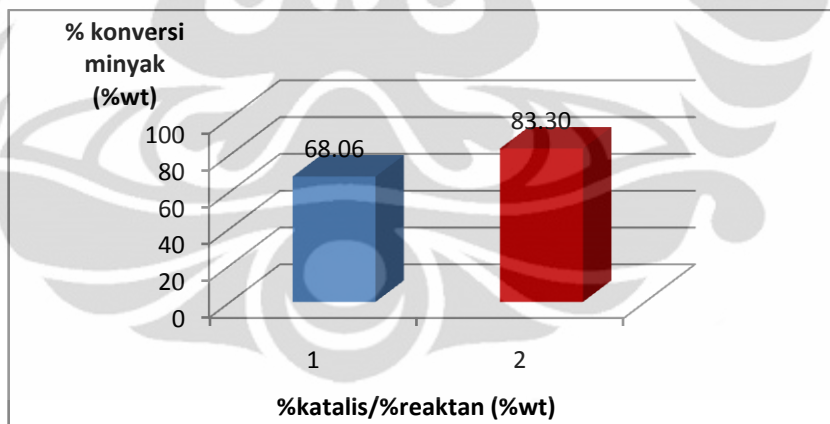
rasio katalis/reaktan (%)	hasil (g)	konversi (% wt)
1	17,8	80,76
2	13,45	61,03



Gambar 4.8 Konversi Minyak Bio Menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C

Tabel 4.7. konversi minyak bio yang dihasilkan menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 700 °C

rasio katalis/reaktan (%)	hasil (g)	konversi (%wt)
1	15	68,06
2	18,36	83,30



Gambar 4.9 Konversi Minyak Bio Menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 700 °C

Gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 menunjukkan bahwa nilai konversi terbesar diperoleh ketika menggunakan rasio berat katalis 2% dari katalis yang dikalsinasi 700 °C. Nilai konversi yang diperoleh adalah 83,30%.

## 4.2 Analisis Produk Pirolisis

### 4.2.1 Densitas dan Viskositas Minyak Bio

Pada penelitian ini dilakukan pengujian densitas dan viskositas dari minyak jarak dan minyak bio hasil pirolisis hasil dari reaksi pirolisis yang dilakukan. Data densitas dan viskositas tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Densitas dan Viskositas Minyak Bio Hasil Pirolisis

Katalis	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Viskositas @29 °C (cP)
<b>NiMo/<math>\gamma</math>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 480 °C</b>		
2%	0,89	8,77
5%	0,89	8,78
10%	0,88	8,74
<b>NiMo/<math>\gamma</math>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C</b>		
2%	0,88	8,82
5%	0,89	8,80
10%	0,89	8,87
<b>NiO/<math>\alpha</math>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C</b>		
1%	0,88	8,57
2%	0,86	2,10
<b>NiO/<math>\alpha</math>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 600 °C</b>		
1%	0,87	8,19
2%	0,84	2,17
<b>NiO/<math>\alpha</math>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 700 °C</b>		
1%	0,88	8,77
2%	0,83	1,75
<b>Tanpa Katalis</b>	0,90	13,5

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai densitas dan viskositas minyak bio hasil pirolisis dari katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> masih di atas nilai densitas dan viskositas solar. Hal ini dikarenakan katalis ini sebagian besar berbentuk amorf sehingga fasa aktif katalis ini tidak sekuat katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam merengkah minyak jarak.

Minyak bio dari katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki nilai densitas dan viskositas yang sudah masuk di dalam range viskositas solar ketika rasio katalis 2% dari massa reaktan. Hal ini menunjukkan dengan meningkatnya jumlah katalis yang

digunakan akan membuat inti aktif katalis yang dapat bereaksi semakin besar dan tidak mudah terdeaktivasi sehingga dapat merengkah lebih baik lagi dibandingkan dengan rasio katalis yang lebih sedikit.

Dari nilai densitas dan viskositas di tabel 4.8 telah terlihat terjadinya reaksi perengkahan yang menunjukkan hidrokarbon rantai panjang terengkah menjadi hidrokarbon rantai yang lebih pendek. Hal ini sesuai dengan informasi bahwa senyawa hidrokarbon jenuh berada dalam bentuk semi padat pada suhu ruang dan semakin memadat seiring dengan adanya penambahan ikatan karbon sedangkan senyawa hidrokarbon tak jenuh berada pada fasa cair dan semakin kental dengan adanya penambahan jumlah ikatan karbon.

### 4.3 Analisis Komponen Penyusun Minyak Bio

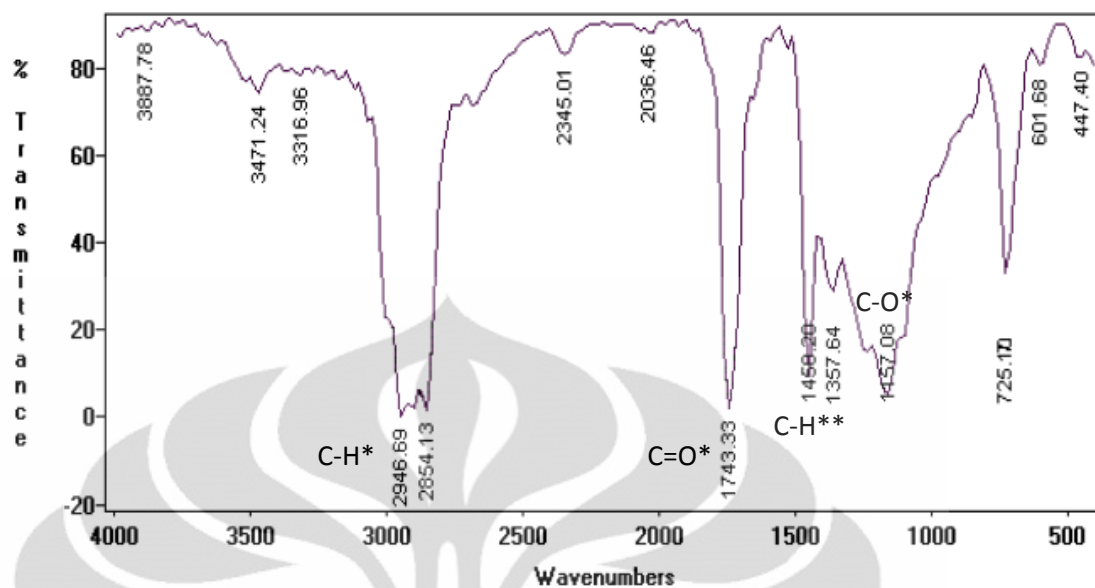
#### 4.3.1 Analisis FTIR

Untuk mengetahui perubahan struktur molekul dari minyak jarak setelah terjadi reaksi pirolisis maka dilakukan analisis kualitatif menggunakan FTIR. Melalui FTIR, maka dapat diketahui gugus apa saja yang mengalami perubahan.

Tabel 4.10 Bilangan Gelombang

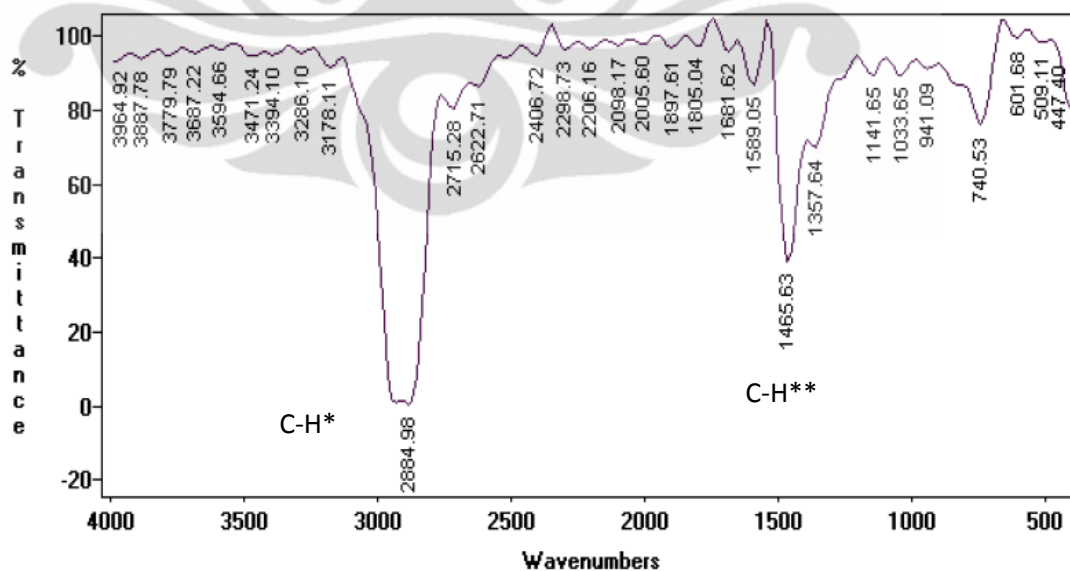
<b>Ikatan</b>	<b>Gugus Fungsi</b>	<b>Bilangan Gelombang, cm<sup>-1</sup></b>
C-H*	Alkana	2850 – 2990
C=O*	Ester	1740 – 1750
C=O	Keton	1700 – 1720
C-H**	Alkana	1450 – 1475
C-O*	Ester	1000 – 1280
=C-H*	Alkena	3000 – 3100
C=C*	Alkena	1600 – 1700





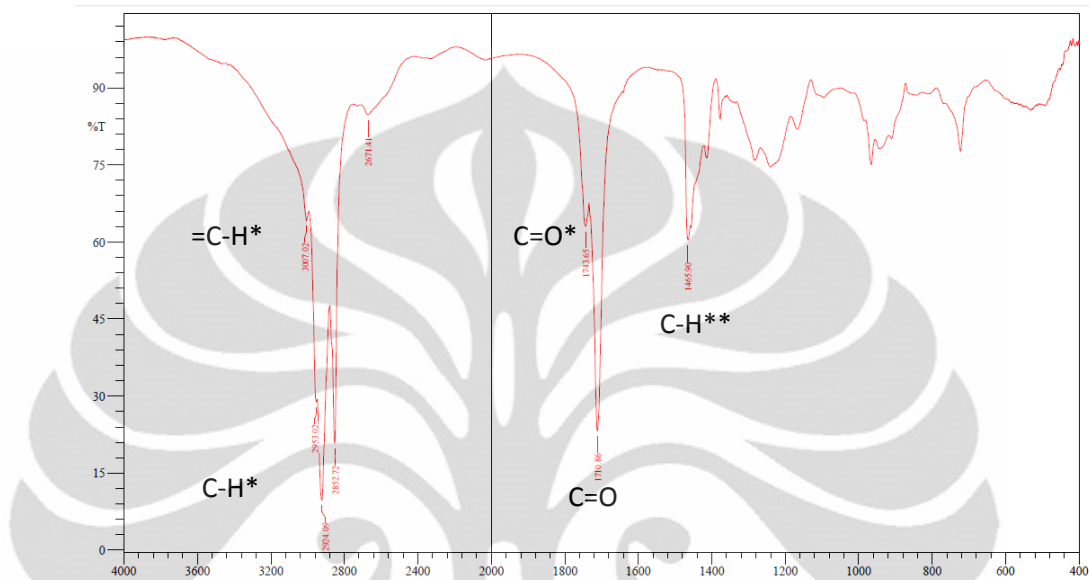
Gambar 4.10 Spektrum FTIR Minyak Jarak

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa minyak jarak memiliki gugus C-H alkana uluran pada panjang gelombang 2948,69 dan 2854,13, C=O ester pada panjang gelombang 1743,33, C-H alkana tekukan pada panjang gelombang 1450,20, dan C-O ester pada panjang gelombang 1157,08. Hal ini menunjukkan bahwa minyak jarak memiliki kandungan ester yang tinggi yaitu trigliserida yang merupakan ester dari gliserol.

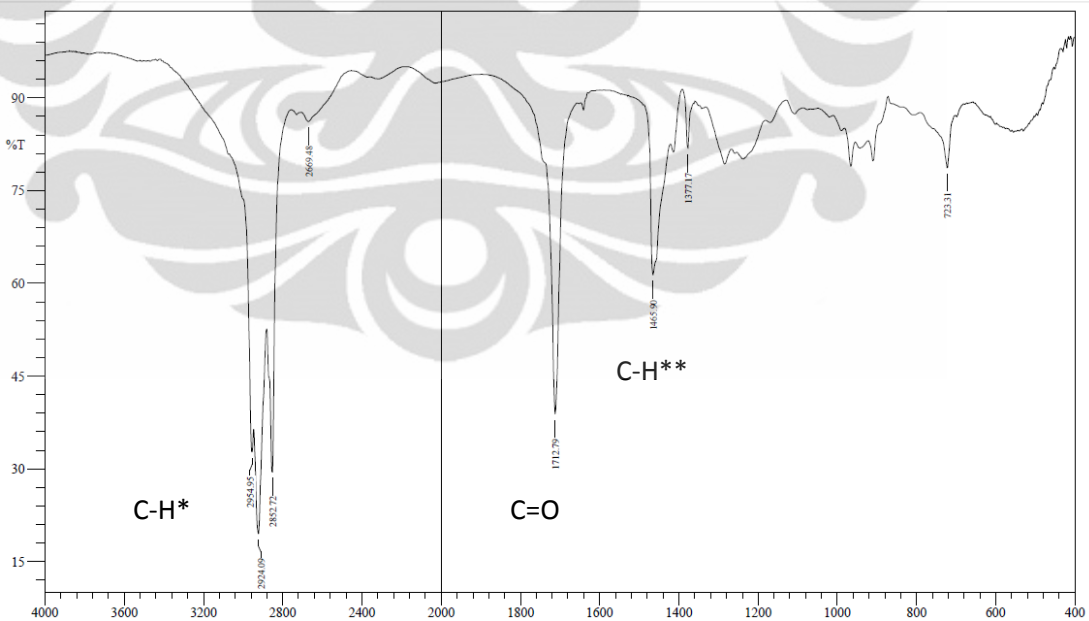


Gambar 4.11 Spektrum FTIR Solar Komersial

Spektrum dari solar komersial menunjukkan bahwa kandungan utama dari solar adalah alkana yang ditunjukkan oleh C-H alkana uluran pada panjang gelombang 2884,98 dan C-H alkana tekukan pada panjang gelombang 1465,63. Hal ini menunjukkan bahwa solar terdiri dari alkana.



Gambar 4.12 Spektrum FTIR Minyak Bio Hasil Pirolisis dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Gambar 4.13 Spektrum FTIR Minyak Bio Hasil Pirolisis dengan Katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hasil dari penggunaan kedua katalis menunjukkan perubahan struktur dari minyak jarak. Akan tetapi pada katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan perubahan yang sangat kecil dan tidak terlalu berbeda dengan minyak jarak. Yaitu masih adanya

gugus ester dalam minyak bio yang dihasilkan. Adanya gugus ester ini menunjukkan bahwa minyak bio hasil dari penggunaan katalis ini masih memiliki kandungan oksigen yang cukup tinggi. Selain itu minyak bio ini masih memiliki kandungan alkena atau ikatan rangkap. Hal ini menunjukkan terjadinya reaksi eliminasi. Hasil ini belumlah sesuai dengan solar komersial. Hal ini disebabkan karena kristalinitas dalam katalis ini berbentuk amorf sehingga fasa aktif dalam katalis ini tertutupi. Oleh karena itu katalis ini tidak cukup kuat untuk merengkah hidrokarbon rantai panjang dari minyak jarak seperti katalis  $\text{NiO}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  yang memiliki kristalinitas 100%.

Hasil dari penggunaan katalis  $\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  menunjukkan hilangnya gugus ester dari minyak jarak. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi dekarbosisasi yang menghilangkan gugus karboksilnya. Hilangnya gugus ester ini menyebabkan kandungan oksigen dalam minyak bio berkurang. Kandungan oksigen yang tinggi akan mengakibatkan nilai bakar yang rendah dan viskositas yang tinggi pada minyak bio hasil pirolisis sehingga pengurangan oksigen dalam minyak bio ditunjukkan dengan nilai viskositas yang sudah setara dengan solar komersial. Oksigen ini akan terbuang ke udara dalam bentuk  $\text{CO}_2$ .

#### **4.3.2 Analisis GC-FID**

Analisa dengan menggunakan *Gas Chromatography* ini dilakukan dengan tujuan memastikan bahwa telah terjadi perubahan struktur molekul trigliserida dari minyak jarak yang dipirolisis. GC yang digunakan adalah GC-FID (*Gas Chromatography Flame Ionization Detector*) yang memiliki kemampuan mendeteksi komponen hidrokarbon dengan range yang luas. Tabel 4.10 adalah hasil analisis menggunakan GC-FID dari minyak bio hasil pirolisis :

Tabel 4.10 Komposisi minyak bio hasil pirolisis

Rantai karbon	NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% Wt.)	NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% Wt.)	Jenis fraksi
C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub>	0,05	0,23	Gas
C <sub>5</sub> -C <sub>11</sub>	16,25	6,58	Gasoline
C <sub>11</sub> -C <sub>12</sub>	8,91	4,02	Kerosene
C <sub>12</sub> -C <sub>18</sub>	54,16	26,23	Solar
C <sub>18</sub> -C <sub>25</sub>	33,48	68,06	Pelumas
C <sub>21</sub> -C <sub>27</sub>	20,16	52,64	Fuel oil

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa dengan menggunakan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> maka perengkahan akan terjadi secara selektif menuju ke rantai karbon yang mirip dengan dengan solar. Sedangkan dengan menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> maka perengkahan yang terjadi menuju ke rantai karbon setara dengan pelumas.

Solar komersial merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki rantai karbon C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub>. Oleh karena itu dari data yang diperoleh dari GC-FID kita dapat menentukan *yield* biosolar yang diperoleh. Yield untuk biosolar diperoleh dengan mengkalikan nilai konversi terbesar dari masing-masing katalis dengan besarnya komponen solar dari hasil GC-FID sehingga diperoleh tabel 4.11

Tabel 4.11 *Yield* Biosolar hasil pirolisis

Katalis	Yield (%)
NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
480	21,45
600	21,82
NiO/ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
550	48,65
600	43,74
700	45,12

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil di atas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Minyak jarak pagar memiliki kandungan trigliserida yang tinggi yang dapat direngkah menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek.
2. Dengan perengkahan secara katalitik maka akan dihasilkan minyak bio dengan kualitas yang semakin mendekati solar komersial (secara densitas dan viskositasnya).
3. Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan menghasilkan konversi tertinggi ketika rasio reaktan berbanding katalis adalah 10 : 1 dengan suhu kalsinasi katalis 600 °C sedangkan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan menghasilkan konversi tertinggi ketika rasio reaktan berbanding katalis adalah 100 : 1 dengan suhu kalsinasi katalis 550 °C
4. Hasil analisa FTIR menunjukkan hasil dari katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tidak mengandung gugus ester dan gugus alkena
5. Penggunaan katalis NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> membuat hasil reaksi perengkahan menuju ke fraksi solar sedangkan penggunaan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> membuat hasil reaksi perengkahan menuju fraksi pelumas.
6. Yield terbesar yang diperoleh adalah sebagai berikut :
  - a. NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (480 °C) : 21,45%
  - b. NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (600 °C) : 21,82%
  - c. NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (550 °C) : 48,65%
  - d. NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (600 °C) : 43,74%
  - e. NiO/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (700 °C) : 45,12%

#### 5.1 Saran

1. Melakukan reaksi pirolisis ini dengan berbagai temperatur.
2. Hasil produk gas yang tidak terkondensasi dianalisa sehingga dapat diketahui senyawa penyusunnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM). 2010. *Statistik Ekonomi Energi Indonesia 2010*. Jakarta.
2. Widyastuti Palupi. 2002. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
3. Tatang, S. 18 September 2005. *Biodiesel dari tanaman jarak*. Republika. Jakarta.
4. Achten, W.M.J., Verchot, L., Franken, Y.J., Mathijs, E., Singh, V.P., Aerts, R., Muys, B. (1998). *Jatropha bio – diesel production and use*. *Biomass and Bioenergy*. 10, 1016.
5. Didin.,W. 2005. *Kelayakan Usaha dan Pola Kemitraan Kebun Industri Jarak Pagar*. PT.Permodalan Nasional Madani. Jakarta
6. Lambok Hutabarat. 2006. *Membahas Kendala Pada Konverter*. National Geographic Indonesia.
7. Demirbas, A. 2009. *Progress And Recent Trends In Biodiesel Fuels*. *Energi Conversion and Management*. 50. hal. 14–34
8. Goyal, H.B., Diptendu Seal, dan R.C. Saxena. 2006. *Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review*. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*. 12. hal. 510
9. Visphute, Tushar., Huber, George 2007. *Biofuel Production by Catalytic Fast Pyrolysis*. University of Massachusetts
10. Buzetcki, Eduard., Svanova Katarina., Cvengros, Jan. 2009. *Zeolite catalysts in Cracking of Natural Triacylycerols*. International Petroleum Conference
11. Demirbas, A. 2007. *Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels*. *Fuel*. 87. hal. 1744

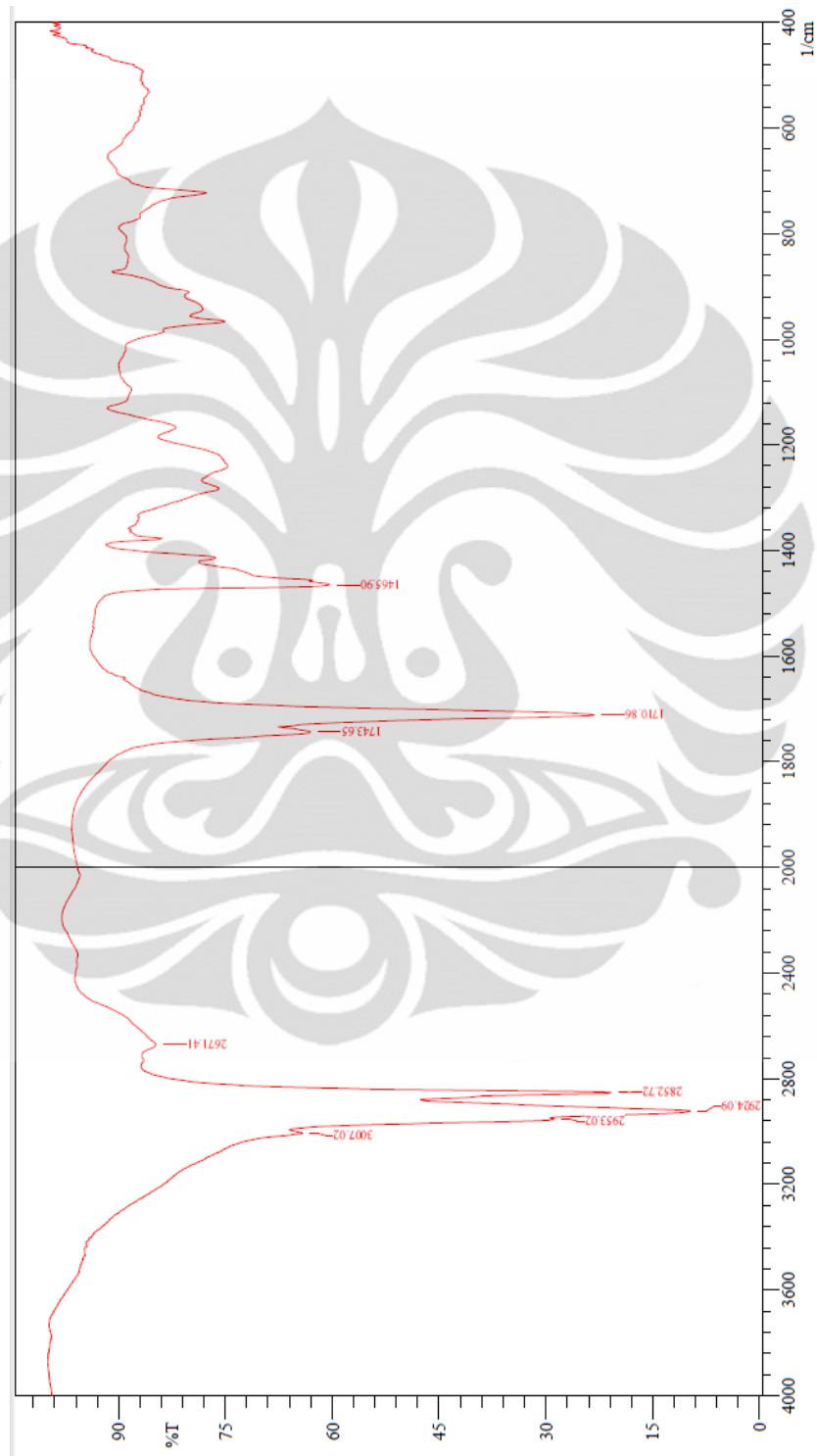
12. Cornelia, Melanie. 2007. *Telaah Tentang Kemungkinan Memproduksi Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Pengganti Automotive Diesel Oil*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
13. Maher, K.D., D.C. Bressler. 2006. *Pyrolysis of triglyceride materials for the production of renewable fuels and chemicals*. *Bioresource Technology*. 98. hal. 2351–2368
14. Nur Rohmah, Elfi, M Nasikin. 2008. *Rekayasa Minyak Jarak (Jathropa Oil) menjadi BioSolar melalui Proses Pirolisis*. Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2008. Universitas Diponegoro. Semarang. 13-14 Agustus 2008
15. Mustafa Balat. Havva Balat. 2008. *A Critical Review Of Bio-Diesel As A Vehicular Fuel*. *Energi Conversion and Management*. 49. hal. 2727–2741
16. Wampler, Thomas P. 2007. *Applied Pyrolysis Handbook*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group
17. Demirbas, A. 2005. *Journal of Analytical Appl. Pyrolysis*. 73. hal. 39-43
18. Fangrui Ma., Hanna, Milford A. 1999. *Biodiesel Production: A Review*. *Bioresource Technology*. vol 70. Hal. 1-15
19. Schwab, A.W., Dykstra G.J., Selke, E., Sorenson, S.C., Pryde, E.H.1988. *Diesel Fuel from Thermal Decomposition of Soybean Oil*. *JAOCS* 65. Hal. 1781-1786
20. Satterfield, Charles N. 1991. *Heterogeneous Catalysis In Industrial Practice 2<sup>nd</sup> edition*. USA: Mc. Graw Hill, Inc
21. Smith, Gerard V. dan Ferenc Notheisz. 2007. *Heterogeneous Catalysis in Organic Chemistry*. San Diego: Academic Press
22. Mailisa,R.F., Setiadi. 2006. *Proses Katalitik Sintesis Senyawa Hidrokarbon Fraksi Bensin dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zeolit*. Seminar Katalis dan Katalisis MKICSpok

23. Gajjela, Sanjeev., Steele, Philips, et.al 2009. *Hydrocarbon from Biomass*. International Conference on Woody Biomass Utilization. Missisipi State University
24. Brown, W.P. 2008. *Organic Chemistry Mechanisms of Alkane Reactions*. <http://www.docbrown.info/page06/OrgMechs.htm> (diakses 12 Juni 2009)
25. Idem, Raphael O., Sai P. R. Katikaneni, dan Narendra N. Bakhshi. 1996. *Thermal Cracking of Canola Oil: Reaction Products in the Presence and Absence of Steam*. *Energi & Fuels*. 10. Hal. 1150-1162
26. Billaud, F., et.al. 1995. *Production of hydrocarbons by pyrolysis of methyl esters from rapeseed oil*. *JAACS* 72. Hal. 1149-1154.
27. Fogler, H. S. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
28. Carey, Francis A. dan Richard J. Sundberg. 2007. *Advanced Organic Chemistry 5<sup>th</sup> ed. Part A: Structure and Mechanisms*. New York: Springer. Hal. 454-458



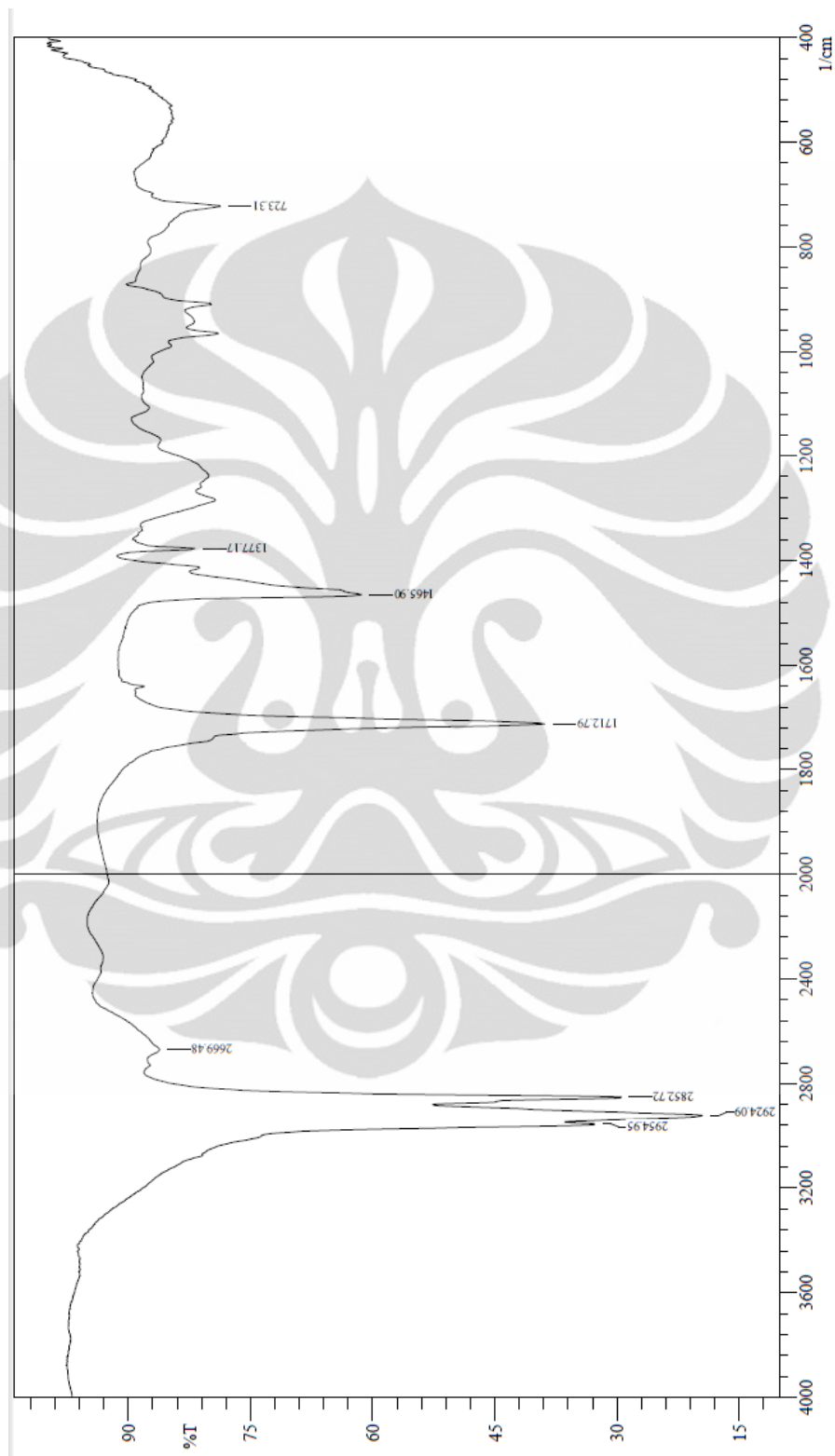
## Lampiran 1

Hasil FTIR Minyak Bio dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



## Lampiran 2

Hasil FTIR Minyak Bio dengan Katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



### Lampiran 3

Hasil GC-FID Minyak Bio dengan Katalis NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

<b>LEMIGAS</b>	<b>PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI</b>			No. Formulir : F.10.P.02-B	
	<b>HASIL LAPORAN</b>			Revisi : 0	
<p>LAB UJI : Kromatografi. Ref No. PP : /P/13.3-3/2011</p> <p>KELOMPOK : Analitik dan Kimia Terapan</p> <p>LABORATORIUM : PROSES</p> <p>JENIS CONTOH : Bio_Oil</p> <p>TGL TERIMA :</p>					
Nomor Contoh	Penetapan	Metode/ Teknik	Tgl. Analisis	Hasil Analisis	Satuan
972_Ayuko	Komposisi 40+	GC FID	10/6 2011		% Wt
	METANA			0.00	
	ETANA			0.00	
	PROPANA (C3)			0.00	
	BUTANA (C4)			0.06	
	PENTANA (C5)			0.44	

	HEKSANA (C6)			1.56	
	HEPTANA (C7)			2.15	
	OKTANA (C8)			2.56	
	NONANA (C9)			2.88	
	DEKANA (C10)			2.62	
	UNDEKANA (C11)			4.04	
	DODEKANA (C12)			4.87	
	TRIDEKANA (C13)			4.72	
	TETRADEKANA (C14)			5.83	
	PENTADEKANA (C15)			11.79	
	HEKSADEKANA (C16)			4.09	
	HEPTADEKANA (C17)			17.63	
	OKTADEKANA (C18)			5.23	
	NONADEKANA (C19)			2.67	
	EIKOSANA (C20)			6.71	
	HENEIKOSANA (C21)			2.36	
	DOKOSANA (C22)			10.93	
	TRIKOSANA (C23)			2.55	
	TETRAKOSANA (C24)			1.79	
	PENTAKOSANA (C25)			1.24	
	HEKSAKOSANA (C26)			1.29	
	HEPTAKOSANA (C27)			0.00	

Pa. Lab.Kromatografi  
Operator / Pelaksana

Nomor laporan

/KR/L/2011

Dra. Yuflinawati Away, M.Si  
Arman Ibrahim, S.Si

Tanggal Laporan

NIP. 19801015 200901 1 009

/ / 2011

**Dist : 1. Arsip**

*Dokumen ini milik Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" isi dari dokumen ini tidak*

*diperkenankan untuk digandakan atau disalin baik seluruh atau sebagian tanpa izin tertulis dari Pusat Penelitian dan Pengembangan*

*Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"*

### Lampiran 4

Hasil GC-FID Minyak Bio dengan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

<b>LEMIGAS</b>	<b>PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI</b>		No. Formulir : F.10.P.02-B		
			Revisi : 0		
<b>HASIL LAPORAN</b>		Halaman : Lampiran			
<p>LAB UJI : Kromatografi. Ref No. PP : /P/13.3-3/2011</p> <p>KELOMPOK : Analitik dan Kimia Terapan</p> <p>LABORATORIUM : PROSES</p> <p>JENIS CONTOH : Bio_Oil</p> <p>TGL TERIMA :</p>					
Nomor Contoh	Penetapan	Metode/Teknik	Tgl. Analisis	Hasil Analisis	Satuan
971_Ani	Komposisi 40+	GC FID	10/6/ 2011		% Wt
	METANA			0.00	
	ETANA			0.00	
	PROPANA (C3)			0.00	
	BUTANA (C4)			0.02	
	PENTANA (C5)			0.21	

	HEKSANA (C6)			0.64	
	HEPTANA (C7)			0.86	
	OKTANA (C8)			0.95	
	NONANA (C9)			1.14	
	DEKANA (C10)			0.98	
	UNDEKANA (C11)			1.80	
	DODEKANA (C12)			2.22	
	TRIDEKANA (C13)			1.62	
	TETRADEKANA (C14)			2.47	
	PENTADEKANA (C15)			4.54	
	HEKSADEKANA (C16)			1.77	
	HEPTADEKANA (C17)			10.61	
	OKTADEKANA (C18)			3.00	
	NONADEKANA (C19)			1.50	
	EIKOSANA (C20)			13.03	
	HENEIKOSANA (C21)			2.97	
	DOKOSANA (C22)			38.36	
	TRIKOSANA (C23)			5.20	
	TETRAKOSANA (C24)			2.40	
	PENTAKOSANA (C25)			1.60	
	HEKSAKOSANA (C26)			2.11	
	HEPTAKOSANA (C27)			0.00	

Pa. Lab.Kromatografi  
Operator / Pelaksana

Nomor laporan

/KR/L/2011

Dra. Yuflinawati Away, M.Si  
Arman Ibrahim, S.Si

Tanggal Laporan

NIP. 19801015 200901 1 009

/ / 2011

### **Dist : 1. Arsip**

*Dokumen ini milik Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" isi dari dokumen ini tidak*

*diperkenankan untuk digandakan atau disalin baik seluruh atau sebagian tanpa izin tertulis dari Pusat Penelitian dan Pengembangan*

*Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"*