

**UNIVERSITAS INDONESIA**

**UJI SIFAT FISIKO-KIMIA DAN PEMBUATAN BIODIESEL  
DARI MINYAK BIJI MAHONI (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains**

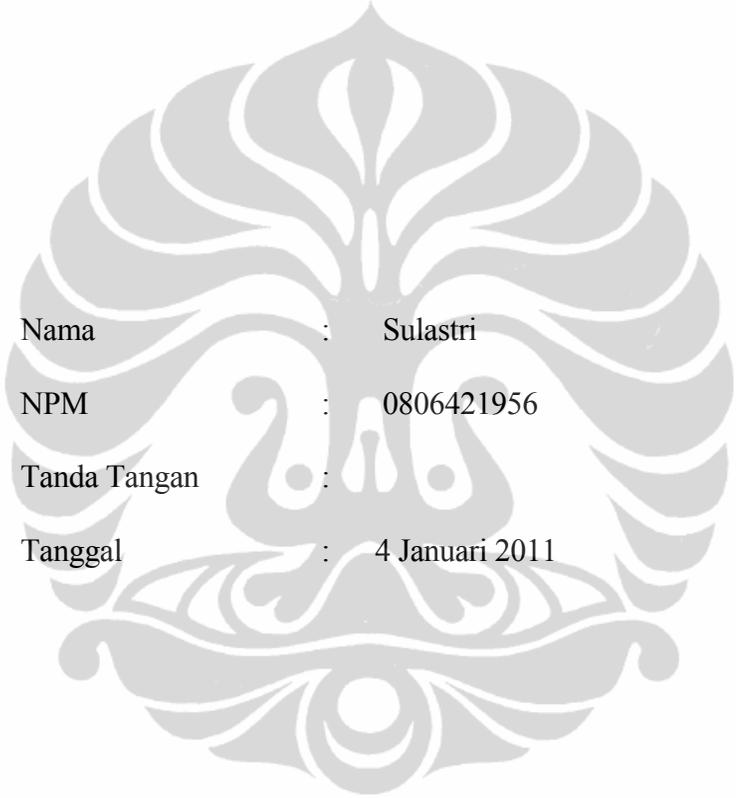
**SULASTRI**

**0806421956**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KIMIA  
UNIVERSITAS INDONESIA, DEPOK  
JANUARI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Sulastri  
NPM : 0806421956  
Tanda Tangan :  
Tanggal : 4 Januari 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Sulastri  
NPM : 0806421956  
Program Studi : Magister Ilmu Kimia  
Judul Tesis : Uji Sifat Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Ilmu Kimia, Kekhususan Hayati, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Wahyudi Priyono Suwarso ( )  
Pembimbing II : Dr. Endang Saepudin ( )  
Penguji : Prof. Dr. Soleh Kosela, M.Sc ( )  
Penguji : Dr. Herry Cahyana ( )  
Penguji : Dr. Emil Budianto ( )  
Penguji : Dr. Ivandini Tribidasari Anggraningrum ( )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 4 Januari 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis yang berjudul : “Uji Sifat Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) ”, sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains pada Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, dan juga untuk mendapatkan alternatif sumber bahan bakar nabati sebagai pengganti BBM, sehingga berguna bagi masyarakat dan bangsa, serta untuk mendukung “ *Save our earth* “, yang menjadi kewajiban warga dunia tanpa terkecuali. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penulisan tesis ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr. Wahyudi Priyono Suwarso, Dipl. Chem, selaku pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran, serta dengan sabar memberikan bimbingan dan arahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini;
- (2) Dr. Endang Saepudin, selaku Pembimbing dan Ketua Program Studi Magister Ilmu Kimia Program Pascasarjana Fakultas MIPA Universitas Indonesia, atas semua fasilitas yang diberikan kepada penulis selama penelitian;
- (3) Dr. Herry Cahyana selaku Pembimbing Akademis, yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan;
- (4) Dinas Pendidikan Provinsi DKI Jakarta yang telah memberikan beasiswa untuk mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana di Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia;
- (5) Kepala Sekolah SMA Negeri 88 Jakarta yang telah memberikan kesempatan serta ijin untuk mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana di Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia;
- (6) Dr. Ridla Bakri, selaku Ketua Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia;

- (7) Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia, atas ilmu dan pelayanan yang diberikan selama ini;
- (8) Kepala bagian LIMNOLOGI, LIPI Cibinong yang telah memberikan ijin untuk menggunakan peralatan oven pada proses pengeringan biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.);
- (9) Ir. Rona Malam Kurnia, M.T. Dari LEMIGAS Jakarta, yang telah membantu dalam usaha memperoleh data pada karakterisasi biodiesel dari biji mahoni;
- (10) Kepala laboratorium BBIA Bogor, yang telah membantu dalam usaha memperoleh data dari komposisi asam lemak penyusun trigliserida pada minyak dari biji mahoni;
- (11) Orang tua dan keluarga tersayang yang selalu memberikan dorongan dan doa kepada penulis;
- (12) Seluruh rekan guru dan karyawan SMA Negeri 88 Jakarta, yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan;
- (13) Rekan-rekan mahasiswa Program Pascasarjana Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia, serta semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Depok , Januari 2011

Penulis

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

---

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

Nama : Sulastri  
NPM : 0806421956  
Program : Pascasarjana Ilmu Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

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

“Uji Sifat Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir penulis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 4 Januari 2011

Yang menyatakan

( Sulastri )

## ABSTRAK

Nama : Sulastris  
Program : Pascasarjana Ilmu Kimia  
Judul : Uji Sifat Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)

Kebutuhan bahan bakar masyarakat dan industri setiap tahun mengalami peningkatan, sedangkan kondisi bahan bakar berbasis fosil, jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Untuk mengatasi masalah tersebut, pemerintah berusaha mengembangkan sumber bahan bakar alternatif yang berasal dari tanaman. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq), dan diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil. Biji mahoni diperoleh dari hutan jati di Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Biji mahoni dikeringkan dengan dioven pada suhu  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 3$  jam untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalamnya. Biji kering tersebut selanjutnya dihaluskan untuk memudahkan proses ekstraksi. Berdasarkan sifat lemak yang non polar, maka dilakukan ekstraksi minyak menggunakan pelarut non polar, yaitu *n*-heksana dengan alat *soxhlet*. Kondisi suhu dipilih berdasarkan pertimbangan titik didih pelarut dan kestabilan minyak yaitu sekitar  $60^{\circ}\text{C}$ , sedangkan waktu untuk sekali proses *soxhletasi* sekitar 6-8 jam. Minyak biji mahoni yang diperoleh dari hasil ekstraksi sebesar 55,87% (w/w). Biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi menggunakan metode *batch* dengan katalis KOH 1,5% dari bobot minyak, serta pelarut yang digunakan adalah metanol, dengan perbandingan mol antara minyak dan pelarut metanol sebesar 1 : 9, selama  $\pm 1$  jam, pada suhu  $23-27^{\circ}\text{C}$ , menghasilkan biodiesel sebesar  $\pm 93,90\%$  dari bobot minyak biji mahoni. Hasil uji karakteristik biodiesel dari minyak biji mahoni antara lain: bilangan asam 0,76 mg KOH/g, bilangan iod 45,47 g/ 100 g, residu karbon 0,025 % wt, viskositas kinematik 4,627 cSt, titik nyala  $180^{\circ}\text{C}$ , bobot jenis/density 0,8836 g/mL, titik tuang  $11,0^{\circ}\text{C}$ , kandungan belerang 0,0328 %wt, indeks setana 67,059, dan kadar abu 0,03 % wt.

**Kata Kunci** : *Sifat fisiko-kimia, biodiesel, minyak, transesterifikasi, mahoni (Swietenia mahagoni (L.) Jacq.)*

xiv + 102 hlm.; 21 gbr.; 15 lamp.; 14 tab.

Daftar Pustaka: 42 ( 1984-2010 )

## ABSTRACT

Name : Sulastri  
Programs : Chemistry  
Title : Study of Physico-Chemistry and Production of Biodiesel from The Oil of Mahogany Seeds (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)

The needs of the fuel for society and industry increase every year, whereas the condition of the fuel based fossil, limited amount and can not renewed. To overcome the problems, government attempt to expand alternative fuel from plants. In this research, was produce the biodiesel from mahogany seeds oil (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq), and it is hoped to able to use as alternative fuel to substitute fossil fuel. Mahogany seeds obtainable from the teak forest in Blora regency, Central Java. Mahogany seeds is dried in the oven at the temperature 70 °C for 3 hours to remove the water . Then the dry seeds are mashed to facilitate the extraction process. Because the oil is non polar, the extraction is carried out using non-polar solvent *n*-hexane with soxhlet device. Temperature conditions are selected based on consideration of boiling point solvent and stability of the oil, it is about 60 °C, and the time required for the extraction about 6-8 hours. Mahogany seeds oil obtained from extraction 55,87% (w/w). Biodiesel derived from transesterification using batch method with KOH catalyst 1.5% of the oil weight, the methanol solvent with the ratio oil as mole is 1 : 9 , for 1 hour, at temperature of 23-27 °C, produced biodiesel is 93,90% of mahogany seed oil weight. The yield of characteristic of biodiesel of mahogany seeds oil are acid number 0,76 mg KOH / g, iodine number 45,47 g/ 100 g, carbon residue 0,025%wt, 4,627 cSt kinematik viscosity, flash point 180 °C, density 0,8836 g/mL, the pour point is 11,0°C, 0,0328% wt sulfur content, cetane index is 67,059 and cinder content 0,03% wt

**Key Word** : *The physico-chemistry, biodiesel, oil, transesterification, mahogany (Swietenia mahagoni (L.) Jacq. )*

xiv + 102 pages.; 21 pictures; 15 attachment; 14 tables.

Bibliography : 42 ( 1984-2010 )

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Hipotesis Penelitian .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tanaman Mahoni .....	5
2.1.1 Klasifikasi dan Tata Nama .....	5
2.1.2 Morfologi .....	5
2.1.2.1 Buah Mahoni .....	6
2.1.2.2 Biji Mahoni .....	7
2.1.2.3 Pembungaan dan Pembuahan .....	7
2.1.3 Ekologi .....	7
2.1.4 Kegunaan dan Khasiat .....	8
2.2 Minyak dan Lemak .....	9
2.2.1 Penggolongan Asam Lemak Penyusun Trigliserida Pada Minyak dan Lemak .....	9
2.2.2 Sumber Minyak dan Lemak .....	12
2.2.3 Proses Pengolahan Minyak .....	12
2.2.3.1 Pengambilan Minyak .....	13
2.2.3.2 Pemurnian Minyak ( <i>Refining</i> ) .....	14
2.2.3.3 Pemucatan Warna ( <i>Decolorization</i> ) dan Penghilangan Bau ( <i>Deodorization</i> ) .....	15
2.2.4 Pengujian Minyak dan lemak .....	15
2.2.4.1. Penentuan Sifat Fisika .....	16
2.2.4.2. Penentuan Sifat Kimia .....	17
2.3 Proses Pembuatan Biodiesel .....	19
2.3.1 Reaksi Transesterifikasi .....	19
2.3.2 Pemisahan Metil Ester/Biodiesel dari Gliserol .....	23

2.3.3 Syarat Baku Mutu Biodiesel .....	23
<b>3. METODOLOGI .....</b>	<b>28</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.2.1 Alat .....	28
3.2.2 Bahan .....	29
3.3 Prosedur Kerja .....	30
3.3.1 Skema Kerja .....	30
3.3.2 Ekstraksi Minyak Biji Mahoni .....	31
3.3.3 Pemurnian Minyak Biji Mahoni Hasil Ekstraksi .....	31
3.3.3.1 Tahap Netralisasi .....	31
3.3.3.2 Tahap Pemucatan Warna ( <i>Decolorization</i> ) dan Penghilangan Bau ( <i>deodorization</i> ) .....	32
3.3.4 Karakterisasi Minyak Biji Mahoni .....	32
3.3.4.1 Penentuan Indeks Bias .....	32
3.3.4.2 Penentuan Bobot Jenis .....	33
3.3.4.3 Penentuan Titik Leleh .....	33
3.3.4.4 Penentuan Bilangan Asam .....	34
3.3.4.5 Penentuan Bilangan Iod .....	34
3.3.4.6 Penentuan Bilangan Penyabunan .....	35
3.3.4.7 Penentuan Bilangan Peroksida .....	36
3.3.4.8 Materi Tidak Tersabunkan .....	36
3.3.5 Penentuan Komposisi Asam Lemak .....	37
3.4 Pembuatan Metil Ester/ Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni .....	38
3.4.1 Penentuan Karakteristik Metil Ester/Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni .....	39
3.4.1.1 Penentuan Bilangan Asam .....	39
3.4.1.2 Penentuan Bilangan Penyabunan .....	39
3.4.1.3 Penentuan Bilangan Iod .....	39
3.4.1.4 Penentuan Residu Karbon .....	39
3.4.1.5 Penentuan Viskositas Kinematik 4 <sup>0</sup> C ...	40
3.4.1.6 Penentuan Titik Nyala .....	40
3.4.1.7 Penentuan Kadar Abu .....	40
3.4.1.8 Penentuan Indeks Setana .....	41
3.4.1.9 Penentuan Titik Tuang ( <i>Pour Point</i> ) .....	42
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
4.1 Ekstraksi Minyak Biji Mahoni .....	43
4.2 Komposisi Asam Lemak Penyusun Minyak Biji Mahoni .....	45
4.3 Sifat Fisiko-Kimia Minyak Biji Mahoni .....	50
4.3.1 Bobot Jenis ( $\rho$ ) .....	50
4.3.2 Indeks Bias ( $\eta$ ) .....	51
4.3.3 Titik Leleh .....	52
4.3.4 Bilangan Asam .....	53
4.3.5 Bilangan Penyabunan .....	54
4.3.6 Bilangan Iod .....	54
4.3.7 Bilangan Peroksida .....	55

4.3.8 Materi Tidak Tersabunkan .....	55
4.4 Pemurnian Minyak Kasar (Crude Oil) Biji Mahoni .....	56
4.4.1 Tahap Netralisasi .....	56
4.4.2 Tahap Pemucatan Warna ( <i>Decolorization</i> ) dan Penghilangan Bau ( <i>Deodorization</i> ) .....	57
4.5 Pembuatan Metil Ester/Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni ....	58
4.5.1 Analisis Spektrum FT-IR .....	62
4.6 Karakterisasi Metil Ester/Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni ..	63
4.6.1 Bilangan Asam .....	64
4.6.2 Bilangan Penyabunan .....	64
4.6.3 Bilangan Iod .....	64
4.6.4 Indeks Setana .....	65
4.6.5 Residu Karbon .....	67
4.6.6 Viskositas Kinematik .....	67
4.6.7 Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> ) .....	67
4.6.8 Kandungan Abu ( <i>Ash Content</i> ) .....	68
4.6.9 Bobot Jenis .....	68
4.6.10 Titik Tuang .....	68
4.6.11 Kandungan Belerang .....	69
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
5.1 Kesimpulan .....	70
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pohon mahoni .....	6
Gambar 2.2	Buah mahoni yang sudah masak dan kering akan pecah .....	7
Gambar 2.3	Asam palmitat dan asam stearat .....	10
Gambar 2.4	Asam oleat dan asam linoleat .....	11
Gambar 2.5	Asam linolenat .....	11
Gambar 2.6	Reaksi penetralan asam lemak bebas .....	17
Gambar 2.7	Reaksi penyabunan .....	18
Gambar 2.8	Reaksi pemutusan ikatan rangkap pada minyak .....	18
Gambar 2.9	Mekanisme katalis basa pada transesterifikasi minyak ...	20
Gambar 4.1	Biji mahoni sebelum dan sesudah dipisahkan dari kulit arinya .....	43
Gambar 4.2	Penimbangan dan pengeringan biji mahoni .....	43
Gambar 4.3	Proses ekstraksi minyak biji mahoni dengan soxhlet .....	44
Gambar 4.4	Mekanisme katalis $\text{BF}_3$ pada transesterifikasi minyak ....	46
Gambar 4.5	Bagian dasar alat kromatografi gas .....	47
Gambar 4.6	Pengukuran bobot jenis minyak biji mahoni dengan piknometer	51
Gambar 4.7	Refraktometer Abbe untuk pengukuran indeks bias .....	52
Gambar 4.8	Proses penetralan minyak kasar (crude oil) .....	56
Gambar 4.9	Penyaringan minyak setelah pemucatan dan evaporasi hasil penyaringan .....	58
Gambar 4.10	Pembuatan biodiesel (metil ester) dari minyak biji mahoni ...	60
Gambar 4.11	Pemisahan metil ester dengan gliserol .....	61
Gambar 4.12	Minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian, biodiesel, serta gliserol .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Porsi konsumsi minyak solar sektor transportasi 1995-2010 .....	1
Tabel 2.1	Titik leleh beberapa asam lemak pada minyak dan lemak..	9
Tabel 2.2	Asam lemak jenuh .....	10
Tabel 2.3	Asam lemak tidak jenuh .....	10
Tabel 2.4	Syarat mutu biodiesel berdasarkan standar Amerika, Uni Eropa dan Australia .....	24
Tabel 2.5	Syarat mutu biodiesel/ester alkil menurut SNI-04-7182-2006.	24
Tabel 2.6	Metode uji mutu biodiesel .....	25
Tabel 4.1	Hasil uji asam lemak standar dengan kromatografi gas .....	48
Tabel 4.2	Hasil uji asam lemak pada sampel/minyak biji mahoni dengan kromatografi gas.....	48
Tabel 4.3	Komposisi asam lemak penyusun minyak biji mahoni .....	49
Tabel 4.4	Sifat fisiko-kimia minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian .....	50
Tabel 4.5	Tipe getaran dan pita serapan minyak dan biodiesel minyak biji mahoni .....	63
Tabel 4.6	Mutu biodiesel mahoni dibandingkan dengan mutu biodiesel standar SNI .....	63
Tabel 4.7	Bilangan setana, bilangan iod, dan bilangan penyabunan beberapa metil ester.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil uji komposisi asam lemak penyusun trigliserida pada minyak biji mahoni .....	76
Lampiran 2.	Hasil uji karakterisasi biodiesel dari minyak biji mahoni ..	79
Lampiran 3.	Spektrum FT-IR dari minyak biji mahoni .....	81
Lampiran 4.	Spektrum FT-IR dari biodiesel minyak biji mahoni .....	82
Lampiran 5.	Hasil ekstraksi minyak biji mahoni, pengukuran bobot jenis minyak biji mahoni, sebelum dan sesudah pemurnian	83
Lampiran 6.	Pengukuran indeks bias minyak biji mahoni pada suhu 25 <sup>0</sup> C sebelum dan sesudah pemurnian .....	85
Lampiran 7.	Pengukuran bilangan asam minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian .....	86
Lampiran 8.	Pengukuran bilangan iod minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian .....	88
Lampiran 9.	Penentuan bilangan peroksida minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian .....	90
Lampiran 10.	Penentuan bilangan penyabunan dan materi tidak tersabunkan minyak biji mahoni sebelum maupun sesudah pemurnian .....	92
Lampiran 11.	Perhitungan komposisi minyak biji mahoni dengan metanol dan KOH dalam pembuatan biodiesel .....	97
Lampiran 12.	Penentuan bilangan asam biodiesel .....	99
Lampiran 13.	Penentuan bilangan penyabunan biodiesel .....	100
Lampiran 14.	Penentuan bilangan iod biodiesel .....	101
Lampiran 15.	Perhitungan indeks setana biodiesel dari minyak biji mahoni .....	102

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan bahan bakar merupakan salah satu masalah penting yang dihadapi oleh bangsa Indonesia saat ini. Kebutuhan bahan bakar masyarakat dan industri setiap tahun mengalami peningkatan, sementara pasokan bahan bakar dalam negeri mengalami kendala, akibat produksi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan tingkat konsumsinya. Data konsumsi minyak solar di Indonesia dari tahun 1995 sampai dengan tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Porsi konsumsi minyak solar sektor transportasi 1995-2010

Tahun		1995	2000	2005	2010
Transportasi	Milyar liter	6,91	9,69	13,12	18,14
Total	Milyar liter	15,84	21,39	27,05	34,71
Porsi	%	43,62	45,29	48,50	52,27

[Sumber: Anggraini & Noprianti, 2004; Destiana, 2007]

Masalah tersebut tidak akan pernah dapat diselesaikan, apabila bahan bakar yang digunakan masih bergantung pada sumber bahan bakar fosil, yang sifatnya tidak dapat diperbaharui (kalaupun ada, memerlukan jutaan tahun untuk produksinya). Sebagai catatan, kondisi sumber bahan bakar fosil di Indonesia saat ini adalah sebagai berikut (Mey, 2009) :

1. Cadangan batubara sekitar 50 milyar ton (3% potensi dunia), diperkirakan dapat digunakan sedikitnya 150 tahun mendatang.
2. Cadangan panas bumi sekitar 27 ribu MW (40% potensi dunia).
3. Tenaga air sekitar 75 ribu MW (0,02% potensi dunia).
4. Cadangan minyak bumi sekitar 9,7 juta barel dan diperkirakan akan habis 15 tahun lagi bila tidak ada eksplorasi baru.

Menghadapi krisis BBM ini, pemerintah mengeluarkan kebijakan penghematan BBM yang dituangkan dalam Instruksi Presiden No.10 tahun 2005 tentang langkah

yang harus dilaksanakan dalam rangka penghematan BBM (Mey, 2009).

Selanjutnya dalam rangka menjamin keamanan pasokan bahan bakar dalam negeri, dikeluarkan pula Peraturan Presiden (Perpres) RI tentang Kebijakan Energi Nasional No.5 tahun 2006. Dalam Perpres tersebut antara lain disebutkan, bahwa penyediaan biofuel pada tahun 2025, minimal 5% dari kebutuhan bahan bakar nasional (Mey, 2009). Untuk menyiapkan penyediaan biofuel ini, telah dikeluarkan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 yang menugaskan Menteri Pertanian untuk melakukan kebijakan antara lain :

1. Mendorong penyediaan tanaman bahan bakar nabati (biofuel).
2. Melakukan penyuluhan pengembangan tanaman bahan baku, sebagai bahan bakar nabati.
3. Memfasilitasi penyediaan benih dan bibit tanaman bahan baku, sebagai bahan bakar nabati.
4. Mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan kegiatan pasca panen tanaman, sebagai bahan baku bahan bakar nabati.

Indonesia yang luas dan berada di iklim tropis mempunyai potensi yang besar dalam pemanfaatan bahan bakar dari tanaman, atau yang dikenal sebagai bioenergi. Bahan bakar dari tanaman inilah salah satu penyebab makin naiknya harga-harga hasil bumi (seperti kedelai, jagung, gandum, dan sebagainya), karena sebagian digunakan untuk membuat bioenergi. Oleh sebab itu, diupayakan agar sumber bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar alternatif itu, tidak dikonsumsi sebagai bahan pangan sehari-hari oleh masyarakat. Salah satu tanaman yang kemungkinan dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif adalah biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.). Di Indonesia, pemerintah sudah melakukan upaya penghijauan dengan menanam tanaman keras, salah satunya adalah mahoni, tetapi pemanfaatan biji mahoni sendiri belum maksimal, sehingga perlu dikembangkan untuk meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat, salah satu di antaranya adalah kemungkinan biji mahoni untuk diolah menjadi biodiesel sebagai sumber bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar yang berasal dari fosil.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan bahan bakar minyak bumi yang persediaannya semakin berkurang, sementara kebutuhan terhadap bahan bakar tersebut semakin meningkat, maka dicari bahan bakar alternatif yang berasal dari biji tanaman non pangan. Yang menjadi permasalahan adalah :

“ Dapatkah dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)”.

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tanaman mahoni ditanam secara luas di daerah tropis dalam program reboisasi dan penghijauan. Dalam sistem *agroforestry* digunakan sebagai tanaman peneduh dan kayu bakar. Kayu mahoni termasuk bahan mebel bernilai tinggi, karena dekoratif dan mudah dikerjakan, sedangkan bijinya selain digunakan sebagai obat tradisional, kemungkinan juga bisa diolah menjadi bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar yang berasal dari fosil.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengekstraksi minyak dari biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.).
2. Mengetahui sifat-sifat fisiko-kimia dan komposisi asam lemak penyusun trigliserida minyak hasil ekstraksi biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.).
3. Membuat biodiesel dari minyak biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.), dan menganalisis karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan.

## 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Dengan mengetahui banyaknya kandungan minyak yang dapat diekstraksi dari biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.), sifat-sifat fisiko-kimia, komposisi penyusun trigliserida, dan pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.), serta mengetahui karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan, diharapkan biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.) dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif yang kemungkinannya dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar dari fosil.

Universitas Indonesia

## 1.5 HIPOTESIS PENELITIAN

“ Biodiesel dapat dibuat dari minyak biji mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq.) “.



Universitas Indonesia

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 TANAMAN MAHONI

#### 2.1.1 KLASIFIKASI DAN TATA NAMA

Klasifikasi dan tata nama tanaman mahoni berdasarkan pada ilmu tumbuh-tumbuhan, adalah sebagai berikut (Mahoni, [www.plantamor.com](http://www.plantamor.com)) :

Nama Indonesia	:	Mahoni
Nama Inggris	:	West Indian mahogany
Subkingdom	:	Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	:	Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	:	Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	:	Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	:	Rosidae
Ordo	:	Sapindales
Famili	:	Meliaceae
Genus	:	Swietenia
Spesies	:	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.

Di Indonesia tumbuhan berkayu keras ini mempunyai nama lokal lainnya, yaitu mahagoni, maoni atau moni. Di Bangli disebut sebagai mahagni. Di Belanda dikenal sebagai mahok. Orang Perancis menyebutnya *acajou* atau *acajou pays*, sementara tetangga kita (Malaysia) menamai tanaman ini *cheriamagany* atau *sky fruit*, karena buahnya mengarah ke langit. Lain lagi dengan orang Spanyol yang mengenalnya sebagai *caoba/caoba de Santo/domingo* (Mahoni, [inyu.Multiply.com](http://inyu.Multiply.com)).

#### 2.1.2 MORFOLOGI

Tanaman yang asalnya dari Hindia Barat ini dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai, atau ditanam di tepi

jalan sebagai pohon pelindung. Tinggi pohon mencapai 30-35 m. Kulit batang berwarna abu-abu dan halus ketika masih muda, berubah menjadi coklat tua, membubung (beralur) dan mengelupas setelah tua. Daun bulat telur/lonjong, ujung lancip, panjang 5-6 cm, lebar 2-3 cm, berwarna hijau tua, licin dan tidak berbulu (Jøker, 2001).



Gambar 2.1 Pohon mahoni

#### **2.1.2.1 Buah Mahoni**

Buah mahoni umumnya berbentuk kapsul bercuping 5, mempunyai panjang sekitar 12-15 (-22) cm, dan berwarna abu-abu coklat. Bagian luar buah mengeras, ketebalan 5-7 mm dan bagian dalam lebih tipis. Di bagian tengah mengeras seperti kayu, berbentuk kolom dengan 5 sudut yang memanjang menuju ujung. Buah yang sudah tua akan kering merekah dan pecah mulai dari ujung atau pangkal pada saat masak (Jøker, 2001).



Gambar 2.2 Buah mahoni yang sudah masak dan kering akan pecah

[Sumber : Agus, 2009]

#### 2.1.2.2 Biji Mahoni

Biji Mahoni berwarna coklat, lonjong padat, bagian atas memanjang menjadi sayap, dengan panjang mencapai 7,5-15 cm. Biji menempel pada kolumela melalui sayapnya, meninggalkan bekas yang nyata setelah benih terlepas. Umumnya setiap buah terdapat 35-45 biji (Jøker, 2001).

#### 2.1.2.3 Pembungaan dan Penguahan

Penyerbukan dilakukan oleh serangga. Pembentukan bunga sampai buah masak diperlukan waktu 9-12 bulan. Masa berbunga dan buah terjadi setiap tahun mulai umur 10-15 tahun. Biasanya pembungaan terjadi ketika pohon menggugurkan daun atau pada saat daun baru mulai muncul sesaat sebelum musim hujan (Jøker, 2001).

#### 2.1.3 EKOLOGI

Sifat ekologis sangat penting untuk membedakan *S. mahogany* dari *S. macrophylla*, yaitu kemampuan tumbuh di daerah kering. *S. mahogany* secara alami

Universitas Indonesia

dijumpai pada iklim dengan curah hujan tahunan 580-800 mm. Tanaman ini menyukai tempat yang cukup sinar matahari langsung (tidak ternaungi). Perbanyakan tanaman dapat dilakukan dengan biji, bisa juga dengan cangkok atau okulasi.

#### 2.1.4 KEGUNAAN DAN KHASIAT

Pohon mahoni (*S. mahagoni*), ditanam di hutan kota atau sepanjang jalan, berfungsi sebagai filter udara dan daerah tangkapan air. Daunnya diduga berfungsi menyerap polutan di sekitarnya. Sebaliknya, dedaunan itu akan melepaskan oksigen ( $O_2$ ) yang membuat udara di sekitarnya menjadi segar. Ketika hujan turun, tanah dan akar-akar pepohonan itu akan "mengikat" air yang jatuh, sehingga menjadi cadangan air. Kayu mahoni dikenal sebagai kayu yang berkualitas baik dan biasa digunakan untuk membuat berbagai macam perabot rumah atau furnitur. Selain kayunya, buah mahoni juga mengandung senyawa yang mirip HCH (*Hexa Chloro Cyclo Hexane*), merupakan suatu insektisida organoklorida yang bersifat racun perut dan racun pernapasan. Biji mahoni juga dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai obat tradisional dengan cara dikeringkan dan digiling halus menjadi serbuk. Kandungan yang terdapat pada biji bunga mahoni di antaranya adalah saponin dan flavonoid (Khasiat Biji Mahoni, 2009). Manfaat flavonoid yang dikandung biji mahoni, antara lain adalah melancarkan peredaran darah, mengurangi tingkat kolesterol, mengurangi penimbunan lemak pada dinding saluran darah, membantu pengurangan rasa sakit, pendarahan dan lebam, serta bertindak sebagai anti oksidan, yang juga berfungsi menyingkirkan radikal bebas. Saponins berfungsi sebagai pencegah penyakit sampar, mengurangi lemak badan, meningkatkan sistem kekebalan, mencegah pembekuan darah, mengurangi tingginya tingkat gula dalam darah, menguatkan fungsi hati dan memperlambat proses pembekuan darah (Khasiat Biji Mahoni, 2009).

## 2.2 MINYAK DAN LEMAK

Minyak dan lemak merupakan ester asam lemak dan gliserol atau gliserin, dikenal juga dengan nama trigliserida. Rumus molekulnya dikenal sebagai  $C_3H_5(COOR)_3$ , jika gugus alkilnya sama. Minyak dan lemak dibedakan berdasarkan

titik lelehnya. Minyak merupakan cairan, sedangkan lemak berupa padatan atau semi padatan pada suhu kamar (Rachimoellah, 2009). Trigliserida atau triasil gliserol yang terbentuk dari asam lemak jenuh dengan rantai yang panjang, memiliki titik leleh lebih tinggi daripada trigliserida yang disusun oleh asam-asam lemak jenuh rantai pendek. Demikian juga dengan asam-asam lemak tidak jenuh.

Tabel 2.1 Titik leleh berbagai asam lemak pada minyak dan lemak.

Jenis asam lemak	Jumlah atom C	Nama umum dan rumus kimia	Titik leleh ( $^{\circ}$ C)
Asam lemak jenuh	4	Asam butirat ( $C_3H_7COOH$ )	- 7,9
	6	Asam kaproat ( $C_5H_{11}COOH$ )	- 3,4
	8	Asam oktanoat ( $C_7H_{15}COOH$ )	16,7
	10	Asam dekanoat ( $C_9H_{19}COOH$ )	31,6
	12	Asam laurat ( $C_{11}H_{23}COOH$ )	44,2
	14	Asam miristat ( $C_{13}H_{27}COOH$ )	54,4
	16	Asam palmitat ( $C_{15}H_{31}COOH$ )	62,9
	18	Asam stearat ( $C_{17}H_{35}COOH$ )	69,9
Asam lemak tidak jenuh	18	Asam oleat $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	16,3
	18	Asam linoleat $CH_2(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	- 5
	18	Asam linolenat $CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	- 11

[Sumber : Ritonga, Destilasi asam lemak]

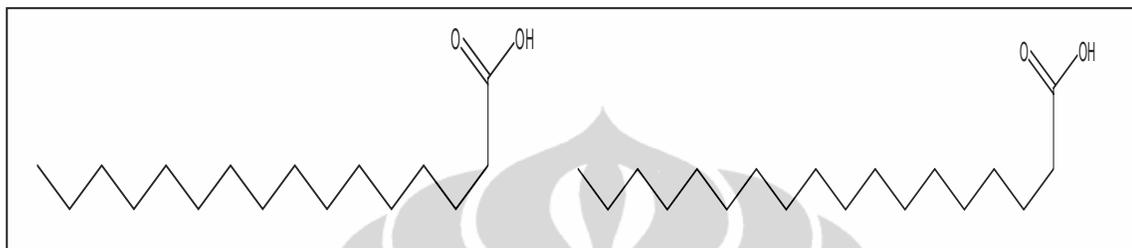
### 2.2.1 PENGGOLONGAN ASAM LEMAK PENYUSUN TRIGLISERIDA PADA MINYAK DAN LEMAK

Asam lemak penyusun trigliserida pada minyak/lemak, bisa berupa asam lemak jenuh (tidak mengandung ikatan rangkap) dan asam lemak tidak jenuh (mengandung satu atau lebih ikatan rangkap). Contoh asam lemak jenuh dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Asam lemak jenuh

Nama asam	Jumlah atom C	Nama asam	Jumlah atom C
Kaproat	6	Miristat	14
Oktanoat	8	Palmitat	16
Dekanoat	10	Stearat	18
Laurat	12	Arakhidat	20
		Behenat	22

[Sumber : Ketaren , 1986]



Gambar 2.3 Asam palmitat sebelah kiri dan Asam stearat sebelah kanan

Sedangkan contoh asam lemak tidak jenuh dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Asam lemak tidak jenuh

Nama Umum	Struktur Kimia	$\Delta^x$	C:D	n-x
Asam Miristoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - $\Delta^9$	14:1	n-5
Asam palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - $\Delta^9$	16:1	n-7
Asam Sapienat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	<i>cis</i> - $\Delta^6$	16:1	n-10
Asam oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - $\Delta^9$	18:1	n-9
Asam Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis,cis</i> - $\Delta^9,\Delta^{12}$	18:2	n-6
$\alpha$ -Asam Linolenat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis</i> - $\Delta^9,\Delta^{12},\Delta^{15}$	18:3	n-3
Asam arakhidonat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis,cis</i> - $\Delta^5,\Delta^8,\Delta^{11},\Delta^{14}$	20:4	n-6

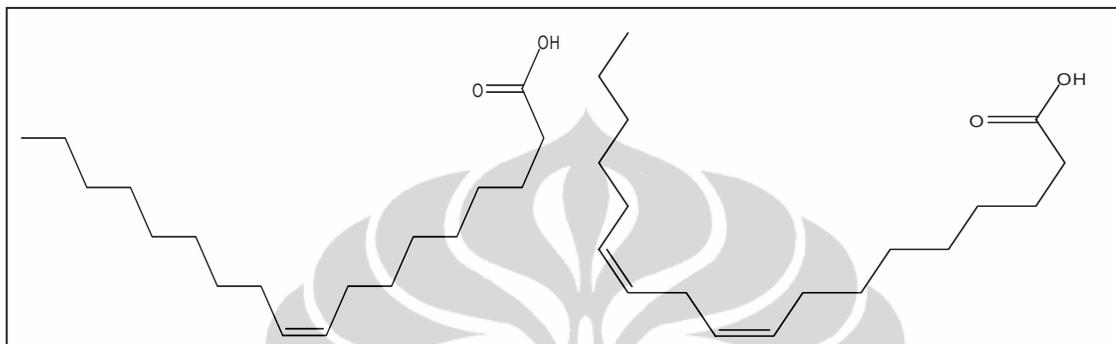
Universitas Indonesia

Lanjutan Tabel 2.3

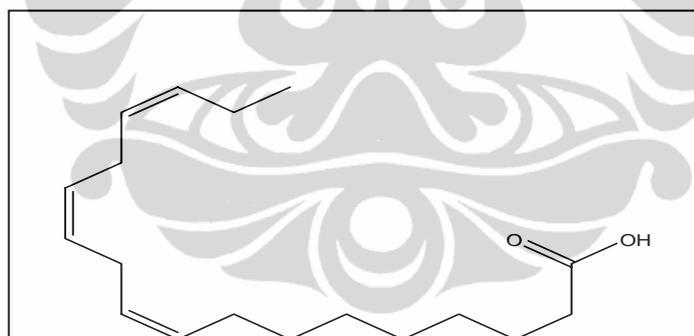
Asam Eucosapent anoat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2$ $\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}$ $(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis,</i> <i>cis,cis</i> $\Delta^5,$ $\Delta^8,\Delta^{11},\Delta^{14},$ $\Delta^{17}$	20:5	<i>n-3</i>
Asam Erucoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	<i>cis-</i> $\Delta^{13}$	22:1	<i>n-9</i>

Keterangan : *n-5* berarti ikatan rangkap dua terakhir pada C no. 5, dari C ujung yang tidak mengikat gugus karboksilat.

[Sumber : Zamora, 2005]



Gambar 2.4 Asam oleat (18:1, *cis-* $\Delta^9$  dan *n-9*) sebelah kiri dan Asam linoleat (18:2, *cis,cis-* $\Delta^9,\Delta^{12}$ , dan *n-6*) sebelah kanan



Gambar 2.5 Asam linolenat (18:3, *cis,cis,cis-* $\Delta^9,\Delta^{12},\Delta^{15}$ , *n-3*)

### 2.2.2 SUMBER MINYAK DAN LEMAK

Dalam tanaman atau hewan, minyak/lemak berfungsi sebagai sumber cadangan energi. Minyak dan lemak dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, sebagai berikut (Ketaren, 1986) :

#### 1. Bersumber dari tanaman

Minyak nabati terdapat dalam buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, akar tanaman dan sayur-sayuran, sebagai contoh :

- a. Biji-bijian palawija : minyak jagung, kacang, wijen, kedelai, dan sebagainya.
- b. Kulit buah tanaman tahunan : minyak zaitun dan kelapa sawit.
- c. Biji-bijian dari tanaman tahunan : kelapa, coklat, babassu, dan sebagainya.

#### 2. Bersumber dari hewan

Dalam jaringan hewan, lemak terdapat di seluruh badan, tetapi jumlah terbanyak terdapat dalam jaringan adipose dan tulang sumsum. Sebagai contoh sumber lemak hewan yaitu :

- a. Susu hewan peliharaan : lemak susu.
- b. Daging sapi peliharaan : lemak sapi dan turunannya.
- c. Hasil laut : minyak ikan sarden, menhaden dan minyak ikan paus.

Perbedaan umum antara lemak nabati dan hewani adalah (Food Analysis, 2008):

1. Lemak hewani mengandung kolesterol sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol.
2. Kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih kecil daripada lemak nabati.
3. Lemak hewani mempunyai bilangan Reichert Meisce lebih besar serta bilangan polenske lebih kecil daripada lemak/minyak nabati.

### 2.2.3 PROSES PENGOLAHAN MINYAK

Pada proses pengolahan minyak/lemak dari biji buah tumbuhan melalui beberapa tahapan antara lain: pengambilan minyak dari biji buah tumbuhan, *refining* (pemurnian minyak), pemucatan (*decolorization*) dan penghilangan bau (*deodorization*) dengan penambahan *bleaching*.

Universitas Indonesia

### 2.2.3.1 Pengambilan Minyak

Pengambilan minyak/lemak dari biji buah tumbuhan, antara lain dengan cara *rendering*, pengepresan secara mekanik dan *intermittent extraction* atau biasa juga disebut sebagai ekstraksi *soxhlet*.

#### 1. Rendering

*Rendering* merupakan suatu cara ekstraksi minyak/lemak dari material yang mengandung kadar air yang relatif tinggi. Rendering terbagi dalam dua cara, yaitu :

##### a. *Wet rendering*

Wet Rendering adalah proses *rendering* dengan menambahkan sejumlah air selama berlangsungnya proses tersebut. Cara ini dilakukan dengan menggunakan ketel yang tertutup, pada suhu tinggi dan bertekanan udara sekitar 3-4 atmosfer.

##### b. *Dry rendering*

Pada cara ini bahan yang akan diambil minyak/lemak-nya dimasukkan ke dalam ketel tanpa penambahan air dan dipanaskan pada suhu sekitar 105-110<sup>0</sup>C, dan ketel dibiarkan terbuka. Pada ketel dilengkapi dengan penyekat uap dan alat pengaduk (*agitator*).

#### 2. Pengepresan secara mekanik

Cara yang paling umum digunakan pada industri pengolahan minyak adalah cara mekanis menggunakan alat pengepres. Alat pengepres yang digunakan untuk kapasitas kecil biasanya *hidrolik press*, sedangkan untuk kapasitas besar menggunakan *screw press*. Minyak yang dihasilkan dari press mengandung *impuritas/kemurnian* yang bisa diklasifikasikan menjadi dua golongan, yakni kotoran yang terlarut dalam minyak dan kotoran tidak terlarut. Kotoran tidak terlarut dalam minyak berupa sisa kulit biji, air bebas, lilin dan karbon rantai panjang yang membuat minyak jadi tidak jernih. Kotoran yang larut dalam minyak, berupa asam lemak bebas, gum, protein, keton, dan aldehid.

#### 3. *Intermittent extraction* (ekstraksi *soxhlet*)

Ekstraksi metoda soxhletasi, adalah mengekstrak sampel secara berkesinambungan, cairan pengestrak dipanaskan sehingga menguap, uap cairan pengestrak terkondensasi menjadi molekul-molekul air oleh pendingin

balik dan turun untuk mengekstrak sampel dalam klongsong dan selanjutnya masuk kembali ke dalam labu alas bulat setelah melewati sampel dalam klongsong (Jenis-jenis ekstraksi, 2009). Minyak nabati umumnya larut dalam pelarut organik, seperti heksana dan benzena. Pelarut yang telah membawa senyawa kimia pada labu distilasi, diuapkan dengan *rotary evaporator* sehingga pelarut tersebut dapat diambil dan digunakan kembali.

Syarat-syarat pelarut yang digunakan dalam proses soxhletasi :

- a. Pelarut mudah menguap.  
Seperti : heksana, eter, petroleum eter, metil klorida dan alkohol.
- b. Titik didih pelarut relatif rendah.
- c. Sifat pelarut sesuai dengan senyawa yang akan diisolasi, polar atau nonpolar.  
Contoh pelarut–pelarut organik dengan kepolaran yang semakin meningkat, dimulai dengan pelarut heksana, eter, petroleum eter, atau kloroform, digunakan untuk memisahkan senyawa – senyawa terpenoid dan lipid.

Dibanding dengan cara terdahulu (distilasi), maka metoda soxhletasi ini lebih efisien, karena:

- a. Pelarut organik dapat menarik senyawa organik dalam bahan alam secara berulang kali.
- b. Pelarut lebih sedikit dibandingkan dengan metoda maserasi atau perkolasi.
- c. Pelarut tidak mengalami perubahan yang spesifik.

### 2.2.3.2 Refining (Pemurnian Minyak)

Tahap berikutnya dari pengolahan minyak adalah pemurnian minyak atau disebut sebagai *refining*. *Refining* minyak dilakukan dengan dua tahap yaitu :

1. *Deguming* atau penghilangan getah dan netralisasi. *Deguming* adalah penghilangan getah yang terlarut dalam minyak. Getah berupa senyawa pospolipid yang besarnya 500-700 ppm. *Deguming* dilakukan dengan mencampurkan minyak dan 1-3% air. Campuran dipanaskan pada suhu 70 °C dan diaduk selama 30-60 menit. Cara ini akan mengendapkan phospolipid dan gum menjadi tidak larut dalam minyak, selanjutnya disaring.

## 2. *Caustic refining* (netralisasi)

Proses ini bertujuan menghilangkan asam lemak bebas dari minyak mentah, karena kandungan asam lemak bebas akan mempengaruhi kualitas minyak. Semakin banyak kandungan asam lemak bebas dalam minyak/lemak, maka kualitas minyak/lemak semakin menurun. Pada proses netralisasi, larutan alkali ditambahkan dan akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun. Sabun akan terpisah dari minyak dan dipisahkan menggunakan pencucian dengan air hangat.

### 2.2.3.3 *Decolorization* (Pemucatan) dan *Deodorization* (Penghilangan Bau)

Setelah netralisasi, minyak selanjutnya dipucatkan (*decolorization*) dan dihilangkan baunya (*deodorization*) dengan penambahan *bleaching earth*. Tujuan utama proses *bleaching* adalah menghilangkan warna dari minyak. *Bleaching* juga membantu menghilangkan sisa sabun, logam terlarut, pospolipid, belerang dan menghilangkan bahan-bahan yang memberikan bau dan rasa tidak sedap pada minyak. Komponen bau lebih mudah menguap dari minyak, dan akan hilang dengan pemanasan tinggi pada tekanan rendah. Bahan yang dapat digunakan dalam proses *bleaching* adalah *bleaching clay* atau *bleaching carbon*. Bahan itu dicampur dengan minyak diaduk selama 10-30 menit pada suhu 70-90<sup>0</sup>C.

## 2.2.4 PENGUJIAN MINYAK DAN LEMAK

Pengujian lemak dan minyak yang umum dilakukan dapat dapat dibedakan berdasarkan tujuannya yaitu (Analisa-lemak-dan minyak, 2008) :

### 1. Penentuan sifat fisiko-kimia minyak/lemak.

Sifat fisiko-kimia biasanya berada dalam suatu kisaran nilai, karena perbedaannya cukup kecil, nilai tersebut dinamakan konstanta. Konstanta fisik yang dianggap cukup penting adalah bobot jenis, indeks bias dan titik cair, sedangkan konstanta kimia yang penting adalah bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam dan residu fraksi tidak tersabunkan (Ketaren, 1986).

2. Penentuan kualitas minyak sebagai bahan makanan, yang berkaitan dengan proses pengolahannya, seperti pengurangan kandungan asam lemak bebas (*refining*), penghilangan bau (*deodorization*), dan penghilangan warna (*decolorization/ bleaching*). Penentuan kualitas minyak ini juga berkaitan dengan daya tahannya selama penyimpanan, sifat gorengnya, baunya maupun rasanya. Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas ini semua dapat dilihat dari seberapa besar angka asam lemak bebasnya (free fatty acid atau FFA), angka peroksida, tingkat ketengikan dan kadar air.

#### 2.2.4.1 Penentuan Sifat Fisika

1. Titik leleh

Titik leleh suatu lemak dipengaruhi oleh sifat asam lemak yang terkandung di dalam lemak tersebut, di antaranya panjang rantai C, jumlah ikatan rangkap, dan bentuk *cis* atau *trans* pada asam lemak tidak jenuh. Semakin panjang rantai C-nya maka titik leleh semakin tinggi. Sebaliknya, semakin banyak ikatan rangkap, maka titik leleh semakin rendah. Hal ini disebabkan ikatan rangkap antar molekul asam lemak tidak jenuh dan tidak lurus, sehingga ikatannya kurang kuat. Adapun bentuk *trans* menyebabkan titik leleh lebih tinggi daripada asam lemak dalam bentuk *cis*.

2. Bobot jenis

Merupakan perbandingan bobot suatu volume minyak pada suhu 25 °C dengan bobot air pada volume dan suhu yang sama. Bobot jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak/lemak. Bobot jenis sering dihubungkan dengan fraksi bobot komponen-komponen yang terkandung di dalamnya. Semakin besar fraksi bobot yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya. Parameter densitas dan kerapatan gravitasi sangat penting bagi pendistribusian minyak kepada konsumen, dimana bobot minyak yang dikirim dapat dihitung dengan tepat, sehingga dapat menghindari kecurangan-kecurangan pihak tertentu apabila tangki yang berisi minyak ditambahkan dengan zat lain, misalnya air. Bobot jenis ini dapat ditentukan dengan menggunakan piknometer.

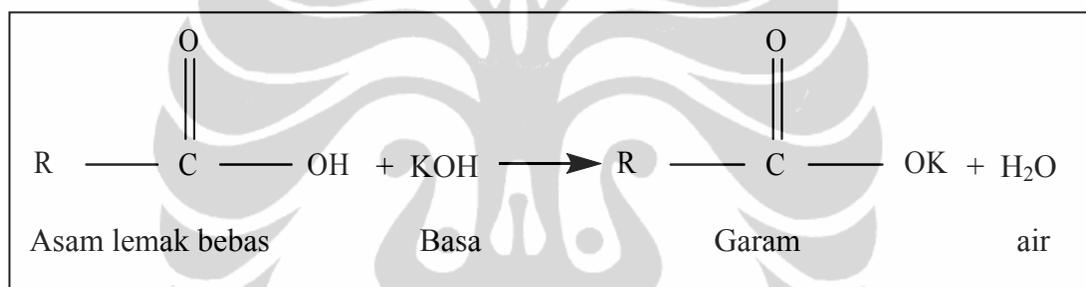
### 3. Indeks bias

Indeks bias adalah derajat penyimpangan dari cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias pada minyak dan lemak dipakai pada pengenalan unsur kimia dan untuk pengujian kemurnian minyak. Pengukuran indeks bias berguna untuk menguji kemurnian minyak atau lemak. Semakin panjang rantai C, semakin banyak ikatan rangkap, dan semakin tinggi suhu, maka harga indeks bias akan semakin besar. Pengukuran indeks bias minyak dilakukan pada suhu 25 °C, dan lemak pada suhu 40 °C. Refraktometer Abbe merupakan alat yang digunakan untuk mengukur indeks bias.

#### 2.2.4.2 Penentuan Sifat Kimia

##### 1. Bilangan asam

Didefinisikan sebagai jumlah mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 g minyak/lemak.



Gambar 2.6 Reaksi penetralan asam lemak bebas

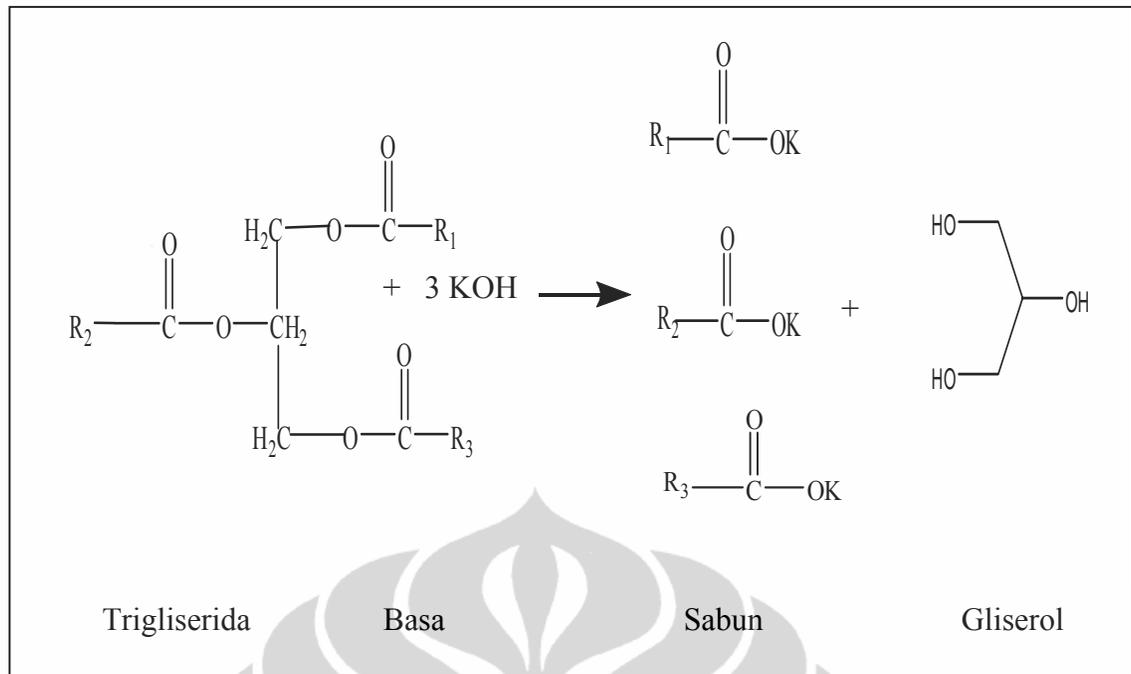
Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang ada dalam minyak akibat reaksi hidrolisis, reaksi kimia, pemanasan, proses fisika, atau reaksi enzimatik. Semakin tinggi bilangan asam, maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis, berarti mutu minyak/lemak menjadi tidak baik.

Penentuannya dilakukan dengan cara titrasi menggunakan KOH 0,1 N dengan ditambahkan indikator fenolftalein (PP). Bilangan asam juga merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas minyak.

##### 2. Bilangan penyabunan

Didefinisikan sebagai jumlah mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan

asam lemak bebas dan asam lemak hasil hidrolisis dalam 1 gram minyak/ lemak. Reaksi penyabunan pada trigliserida disajikan pada Gambar 2.7.

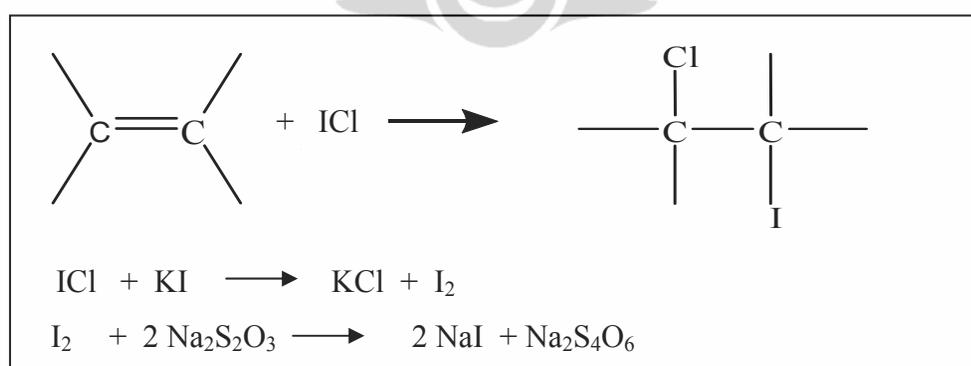


Gambar 2.7 Reaksi penyabunan

Penentuannya dilakukan dengan cara memanaskan dengan larutan KOH-alkoholis selama 30 menit (dihubungkan dengan pendingin balik, agar reagen tidak berkurang), selanjutnya didinginkan, lalu dititrasi kembali kelebihan KOH dengan larutan baku HCl.

### 3. Bilangan iod

Bilangan iod dinyatakan sebagai jumlah g iod per 100 g contoh minyak. Ikatan rangkap yang terdapat dalam asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak akan bereaksi dengan iod membentuk suatu ikatan tunggal.



Gambar 2.8 Reaksi pemutusan ikatan rangkap pada minyak

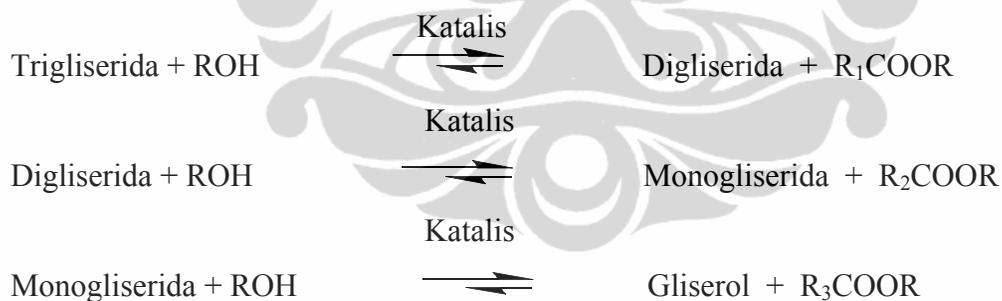
#### 4. Bilangan peroksida

Bilangan peroksida menunjukkan banyaknya miliekivalen oksigen aktif yang terikat pada 1000 g minyak atau lemak. Angka peroksida dapat menunjukkan tingkat kerusakan yang terjadi pada minyak atau lemak akibat reaksi oksidasi. Proses pengujiannya adalah gugus hidroperoksida mengadisi iodida dari KI menjadi  $I_2$ , dan  $I_2$  yang dibebaskan dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$ .

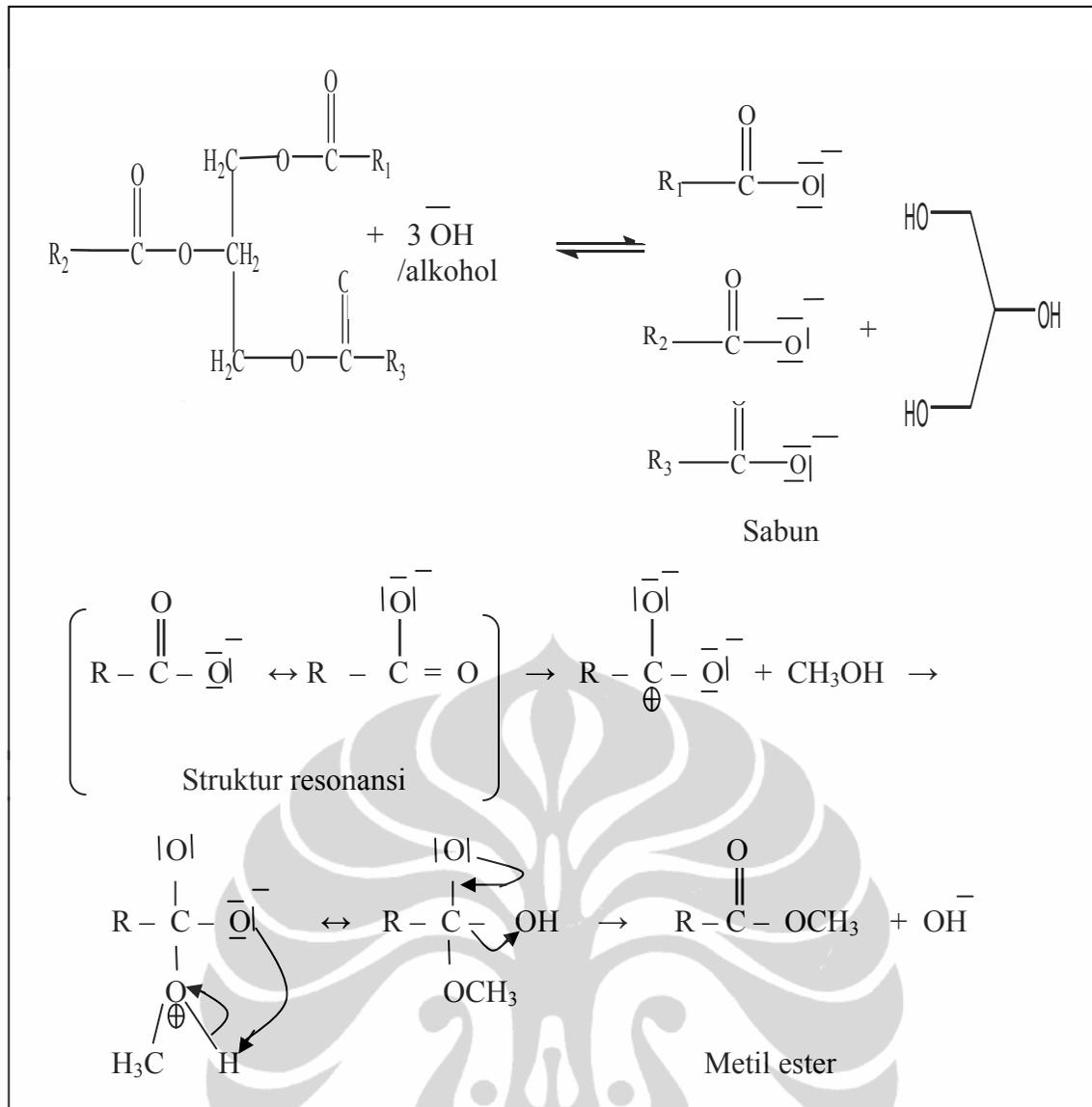
### 2.3 PROSES PEMBUATAN BIODIESEL

#### 2.3.1 REAKSI TRANSESTERIFIKASI

Reaksi utama untuk mengkonversi minyak menjadi biodiesel disebut reaksi transesterifikasi. Pada proses transesterifikasi, alkohol (seperti metanol) direaksikan dengan trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati, lemak hewani, atau minyak goreng bekas, membentuk asam lemak alkil ester (biodiesel) dan gliserin. Reaksi ini memerlukan panas dan katalis basa, seperti natrium hidroksida atau kalium hidroksida. Suatu katalis biasanya digunakan untuk meningkatkan laju dan hasil reaksi. Kelebihan alkohol digunakan untuk menggeser kesetimbangan ke arah hasil reaksi, karena reaksi bersifat reversibel. Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap, yaitu sebagai berikut:



Sedangkan mekanisme reaksi penggunaan katalis basa pada reaksi transesterifikasi minyak, dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Mekanisme katalis basa pada transesterifikasi minyak

Pada proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya suhu reaksi dan rasio mol minyak terhadap alkohol. Pembentukan ester diketahui terjadi pada suhu 45-60<sup>0</sup>C setelah 1 jam reaksi. Suhu reaksi disesuaikan dengan alkohol yang dipakai yaitu metanol. Untuk menghindari hilangnya reaktan (metanol), maka dipilih suhu reaksi di bawah titik didih metanol (64,7<sup>0</sup>C), sehingga metanol dapat bereaksi seluruhnya dan sempurna memberikan hasil ester yang maksimal. Suhu yang lebih tinggi dari ini akan menguapkan alkohol dan menghasilkan kadar metil ester yang rendah sebab reaksi ini bersifat eksotermis, sehingga kenaikan suhu akan menggeser kesetimbangan ke arah pereaksi. Oleh karena itu, reaksi sebaiknya dilakukan pada suhu rendah (dibawah titik didih

metanol) untuk menggeser kesetimbangan ke arah hasil reaksi /metil ester (Ma, Fangrui, 1999 ; Sumber : Rachimoellah,et al.,2009). Ada beberapa cara agar kesetimbangan bergeser lebih ke arah produk, yaitu:

1. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi.
2. Memisahkan gliserol.
3. Menurunkan suhu reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm).

Pada intinya, tahapan reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel selalu diharapkan agar diperoleh produk biodiesel dengan jumlah yang optimal. Beberapa kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0.5% (<0.5%). Apabila bahan baku memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi (> 1%) harus dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan katalis basa akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun dan air (Joelianingsih, Tambunan, H.A.,et al). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air, karena katalis basa bersifat higroskopis atau mudah menyerap air. Jika penyerapan air terlalu banyak mengakibatkan katalis tidak bekerja optimal.

2. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi, adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida, untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6 : 1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99%, sedangkan pada 3 : 1 adalah 74-89%.

3. Pengaruh jenis alkohol

Pada rasio 6 : 1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

4. Pengaruh jenis katalis

Katalis adalah bahan yang ditambahkan ke dalam reaksi dengan tujuan mempercepat jalannya reaksi, tetapi akan diperoleh lagi di akhir reaksi.

Katalis dapat dari golongan katalis asam, katalis basa dan katalis enzim.

a. Katalis asam

Berbagai asam kuat dapat digunakan sebagai katalis dalam reaksi pembuatan biodiesel. Beberapa contoh katalis asam adalah asam klorida (HCl), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Katalis asam memberikan waktu reaksi yang lebih lama dan kebutuhan metanol yang lebih banyak (20 : 1). Katalis asam biasanya digunakan dalam proses esterifikasi asam lemak bebas atau sabun menjadi ester, dan digunakan dalam perlakuan awal untuk bahan baku dengan asam lemak bebas (FFA) tinggi. Waktu reaksi berkisar 10 menit sampai 2 jam. Esterifikasi menggunakan katalis asam akan menghasilkan air sebagai produk sampingnya. Air akan menarik asam sulfat sehingga keluar dari fase metanol, sehingga reaksi berhenti lebih awal sebelum reaksi berlangsung sempurna.

b. Katalis basa

Katalis basa cenderung digunakan dalam pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak nabati yang mempunyai kandungan asam lemak bebasnya rendah. Saat ini hampir semua produksi komersial menggunakan katalis basa. Katalis basa memungkinkan reaksi berlangsung 5 menit–1 jam bergantung pada suhu, konsentrasi, pengadukan dan perbandingan alkohol-trigliserida. Jenis-jenis katalis basa yang dapat digunakan antara lain : natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH) dan natrium metoksida. KOH lebih mahal tetapi dapat dinetralkan dengan asam fosfat hingga membentuk pupuk  $K_3PO_4$ . Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5%-b minyak nabati.

### 2.3.2 PEMISAHAN METIL ESTER/BIODIESEL DARI GLISEROL

Biodiesel memiliki berat jenis sekitar 0,88 g/mL, sedangkan gliserol 1,05 g/mL. Berat jenis gliserol bergantung pada jumlah metanol, air dan katalis yang berada dalam gliserol. Perbedaan berat jenis yang cukup besar memungkinkan pemisahan biodiesel dan gliserol, dengan menggunakan pemisahan sederhana berdasarkan gravitasi. Pemisahan gliserol dengan biodiesel, merupakan langkah

Universitas Indonesia

pertama pemurnian hasil pada setiap proses biodiesel. Setelah terpisah dari gliserol, terhadap biodiesel selanjutnya dilakukan pencucian. Pencucian biodiesel bertujuan untuk menetralkan sisa katalis dan menghilangkan sisa sabun yang terbentuk selama reaksi esterifikasi. Sisa gliserol dan metanol juga akan terbawa pada saat pencucian biodiesel. Pencucian biodiesel menggunakan air hangat (60-70°C), bertujuan untuk mencegah pengendapan ester asam lemak jenuh dan menghilangkan emulsi. Biodiesel selanjutnya dikeringkan agar kandungan air tidak melebihi standar dengan cara ditambahkan kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat.

### 2.3.3 SYARAT BAKU MUTU BIODIESEL

Minyak diesel diharapkan memiliki kekentalan yang relatif rendah, agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder. Jumlah endapan karbon pada bahan bakar diesel dapat diukur dengan metode *Conradson* atau *Ramsbottom*, untuk memperkirakan kecenderungan timbulnya endapan karbon pada *nozzle* dan ruang bakar. Abu kemungkinan berasal dari produk mineral dan logam sabun yang tidak dapat larut, dan jika tertinggal dalam dinding dan permukaan mesin dapat menyebabkan kerusakan *nozzle* dan menambah deposit dalam ruang bakar (Haryanto, 2002).

Suatu teknik pembuatan biodiesel hanya akan berguna apabila produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi (syarat mutu) yang telah ditetapkan dan berlaku di daerah pemasaran biodiesel tersebut. Standar syarat mutu biodiesel disusun dengan memperhatikan standar sejenis yang sudah berlaku di luar negeri, seperti ASTM D6751 di Amerika Serikat dan EN 14214:2002 (E) untuk negara Uni Eropa, di mana di wilayah-wilayah tersebut pemakaian biodiesel sudah meluas dan mencapai tahap komersialisasi. Pada Tabel 2.4 disajikan syarat mutu biodiesel berdasarkan standar Amerika, Uni Eropa dan Australia.

Tabel 2.4 Syarat mutu biodiesel berdasarkan standar Amerika, Uni Eropa, dan Australia

Kategori	Amerika	Uni Eropa	Australia
Massa jenis pada 40 °C (g/mL)	Maks 0,88	0,86-0,90	0,86-0,89
Viskositas kinematik pd 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	1,9-6,0	3,5-5,0	3,5-5,0
Angka setana	min 47	min 51	min 51
Titik nyala /mangkok tertutup (°C)	min 130	min 120	min 120
Titik kabut	-	maks 0	-
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	maks 3	maks 1	maks 3
Residu karbon - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	maks 0,050 -	maks 0,30 -	maks 0,05 maks 0,03
Air dan sedimen (%v)	maks 0,050	maks 500	maks 0,05

[Sumber : Knothe,G., et.al, 2004]

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dibakukan dalam SNI-04-7182-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006. Tabel 2.5 menyajikan persyaratan kualitas biodiesel yang diinginkan.

Tabel 2.5 Syarat mutu biodiesel/ester alkil menurut SNI-04-7182-2006 yang ditetapkan oleh BSN (2006)

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40 °C	g/mL	0,85 – 0,89
2	Viskositas kinematik pd 40 °C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut	°C	maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		maks. no 3
7	Residu karbon - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	%-massa	maks 0,05 (maks. 0,3)
8	Air dan sedimen	%-vol.	maks. 0,05*
9	Suhu distilasi 90 %	°C	maks. 360
10	Abu tersulfatkan	%-massa	maks.0,02

Universitas Indonesia

Lanjutan Tabel 2.5

11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks.0,8

[Sumber : Panitia Teknis Perumus Rancangan SNI Bidang Biodiesel, (2005)]

\* dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0.01 %-vol

Tabel 2.6 Metode uji mutu biodiesel ester alkil

Parameter	Metode Uji
Massa jenis pada 40 °C	ASTM D 1298
Viskositas kinematik pd 40 °C	ASTM D 445
Angka setana/indeks setana	ASTM D 613/AOCS
Titik nyala (mangkok tertutup)	ASTM D 93
Titik kabut	ASTM D 2500
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	ASTM D 130
Residu karbon (mikro) - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	ASTM D 4530
Air dan sediment	ASTM D 2709 atau ASTM D-1796
Angka asam	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D-664

[Sumber : Panitia Teknis Perumus Rancangan Standar Nasional Indonesia Bidang Biodiesel, (2005)]

Beberapa Karakteristik biodiesel dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Titik kabut

Titik kabut (*cloud point*) adalah suhu suatu minyak mulai keruh seperti kabut, tidak lagi jernih jika didinginkan. Suhu ini adalah suhu terendah yang menunjukkan mulai terbentuk kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar.

2. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala/titik kilat adalah suhu terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala. Sifat ini menunjukkan adanya materi-materi yang bersifat volatil dan mudah terbakar. Titik nyala secara tidak langsung, terkait dengan kerja

Universitas Indonesia

mesin. Namun ini sangat berkaitan dengan keamanan, khususnya pada penanganan dan penyimpanan (ASTM, 1958). Titik nyala yang tinggi akan memudahkan penyimpanan bahan bakar, karena minyak tidak akan mudah terbakar pada suhu ruang. Namun titik nyala yang rendah akan berbahaya dalam hal penyimpanannya karena resiko penyalaan, dan ini akan menimbulkan terjadinya *detonasi* sebelum bahan bakar memasuki ruang perapian

3. Titik tuang (*pour point*)

Yang dimaksud dengan *pour point* adalah suhu terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran bahan bakar. Titik tuang menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk masih dapat mengalir pada suhu tertentu. Hal ini sangat penting, khususnya pada daerah dengan suhu yang rendah, sehingga bahan bakar tidak akan menggumpal dengan mudah, karena di bawah *pour point*, bahan bakar tidak lagi bisa mengalir akibat terbentuknya kristal/gel yang menyumbat aliran bahan bakar. Titik tuang dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan (angka iod). Semakin tinggi ketidakjenuhan, titik tuang akan semakin rendah. Titik tuang juga dipengaruhi oleh panjang rantai karbon, semakin panjang rantai karbon, semakin tinggi titik tuangnya.

4. Kadar air dan sedimen

Di negara yang mempunyai musim dingin, kandungan air dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Keberadaan air juga bisa menyebabkan korosi dan memicu pertumbuhan mikroorganisme, yang tentu bisa menyumbat aliran bahan bakar. Kadar air yang nilainya di atas ketentuan, akan menyebabkan reaksi yang terjadi pada konversi minyak nabati tidak sempurna (terjadi reaksi hidrolisis), sehingga akan meningkatkan bilangan asam, menurunkan pH, dan meningkatkan sifat korosi.

5. Kadar residu karbon (*Conradson carbon residue*)

Kadar residu karbon menunjukkan tendensi pembentukan jelaga (*coke*). Tingkatan residu karbon tergantung pada jumlah asam lemak bebas, jumlah gliserida, dan jumlah logam alkali sebagai katalis. Residu karbon berhubungan dengan jumlah deposit karbon pada ruang pembakaran. Kadar residu karbon harus kecil, karena fraksi hidrokarbon ini menyebabkan penumpukan residu karbon dalam ruang pembakaran. Akibatnya, kinerja mesin akan berkurang. Pada suhu tinggi, deposit karbon dapat membara sehingga akan menaikkan suhu silinder pembakaran.

Universitas Indonesia

6. Bilangan asam

Bilangan asam yang tinggi merupakan indikator biodiesel masih mengandung asam lemak bebas. Berarti biodiesel cenderung bersifat korosif dan dapat menimbulkan jelaga atau kerak di injektor mesin diesel. Asam lemak diduga sebagai penyebab salah satu masalah pada biodiesel.

7. Bilangan iod

Bilangan iod menunjukkan banyaknya ikatan rangkap dua di dalam asam lemak penyusun biodiesel. Di satu sisi, keberadaan senyawa lemak tidak jenuh meningkatkan performan biodiesel pada suhu rendah, karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah (Knothe, 2005), sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Namun di sisi lain, banyaknya senyawa lemak tidak jenuh di dalam biodiesel, juga memudahkan senyawa tersebut bereaksi dengan oksigen di atmosfer dan bisa terpolimerisasi membentuk material serupa plastik.

8. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik yang tepat suatu bahan bakar, diperlukan untuk operasi dari suatu mesin agar menjadi lebih baik. Pelumasan, gesekan di antara bagian-bagian mesin yang bergerak, dan keausan mesin bergantung pada sifat ini. Kecepatan alir bahan bakar melalui injektor akan mempengaruhi derajat atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar.

9. Indeks setana

Indeks setana/angka setana bahan bakar diesel menunjukkan kualitas penyalaan bahan bakar, yang mengindikasikan kesiapan bahan bakar mesin diesel untuk menyala secara spontan pada kondisi suhu dan tekanan tertentu di ruang bakar. Semakin tinggi bilangan setana, waktu penundaan antara injeksi dan penyalaan semakin pendek dan kualitas penyalaan semakin baik. Pada kenyataannya, penggunaan bahan bakar diesel yang memiliki nilai bilangan setana yang lebih besar dari kondisi yang dibutuhkan mesin tidak menambah performansi mesin. Penggunaan bahan bakar diesel yang tepat adalah bahan bakar diesel yang memiliki nilai angka setana setara dengan spesifikasi mesin. Pada penelitian ini, untuk menentukan indeks setana, dengan menggunakan metode AOCS.

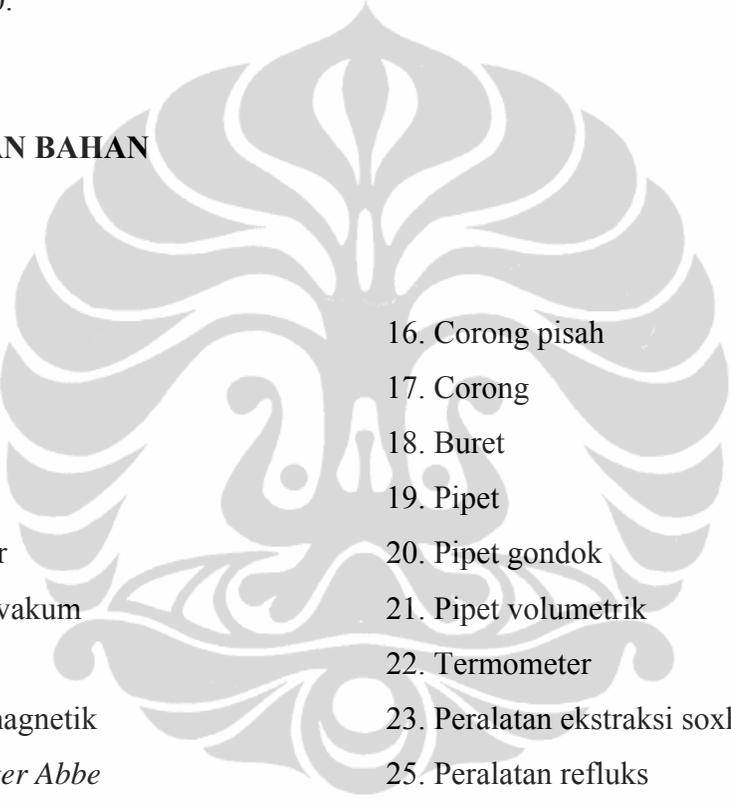
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Bahan biji mahoni diperoleh dari hutan di Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Sedangkan pembuatan dan pengujian sifat fisiko-kimia minyak biji mahoni, dilakukan di Laboratorium Kimia Departemen Kimia Fakultas MIPA UI Depok. Pengujian komposisi asam lemak penyusun trigliserida pada minyak biji mahoni dilakukan di BBIA Bogor. Sedangkan Pengujian karakteristik biodiesel dilakukan di LEMIGAS Ciledug. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Februari 2010 sampai September 2010.

### 3.2 ALAT DAN BAHAN

#### 3.2.1 ALAT

- 
1. Timbangan
  2. Oven
  3. Blender
  4. *Hot plate*
  5. Penangas air
  6. Evaporator vakum
  7. Pendingin
  8. Pengaduk magnetik
  9. *Refraktometer Abbe*
  10. Piknometer 10 mL
  11. Erlenmeyer 250 mL
  12. Erlenmeyer dan tutupnya
  13. Gelas kimia 100 mL, 250 mL
  14. Gelas ukur 100 mL, 250 mL
  15. Labu ukur 250 mL, 500 ml, 1 L
  16. Corong pisah
  17. Corong
  18. Buret
  19. Pipet
  20. Pipet gondok
  21. Pipet volumetrik
  22. Termometer
  23. Peralatan ekstraksi soxhlet
  25. Peralatan refluks
  26. Sendok/ spatula
  27. *Hair dryer*
  28. *Ring stand*
  29. Klem
  30. Kertas saring
  31. Jarum dan benang jahit

32. Indikator universal
33. Gunting
34. Kromatografi gas
35. Pipa kapiler
36. Lemari pendingin
37. Labu bulat
38. Spektrum FT-IR

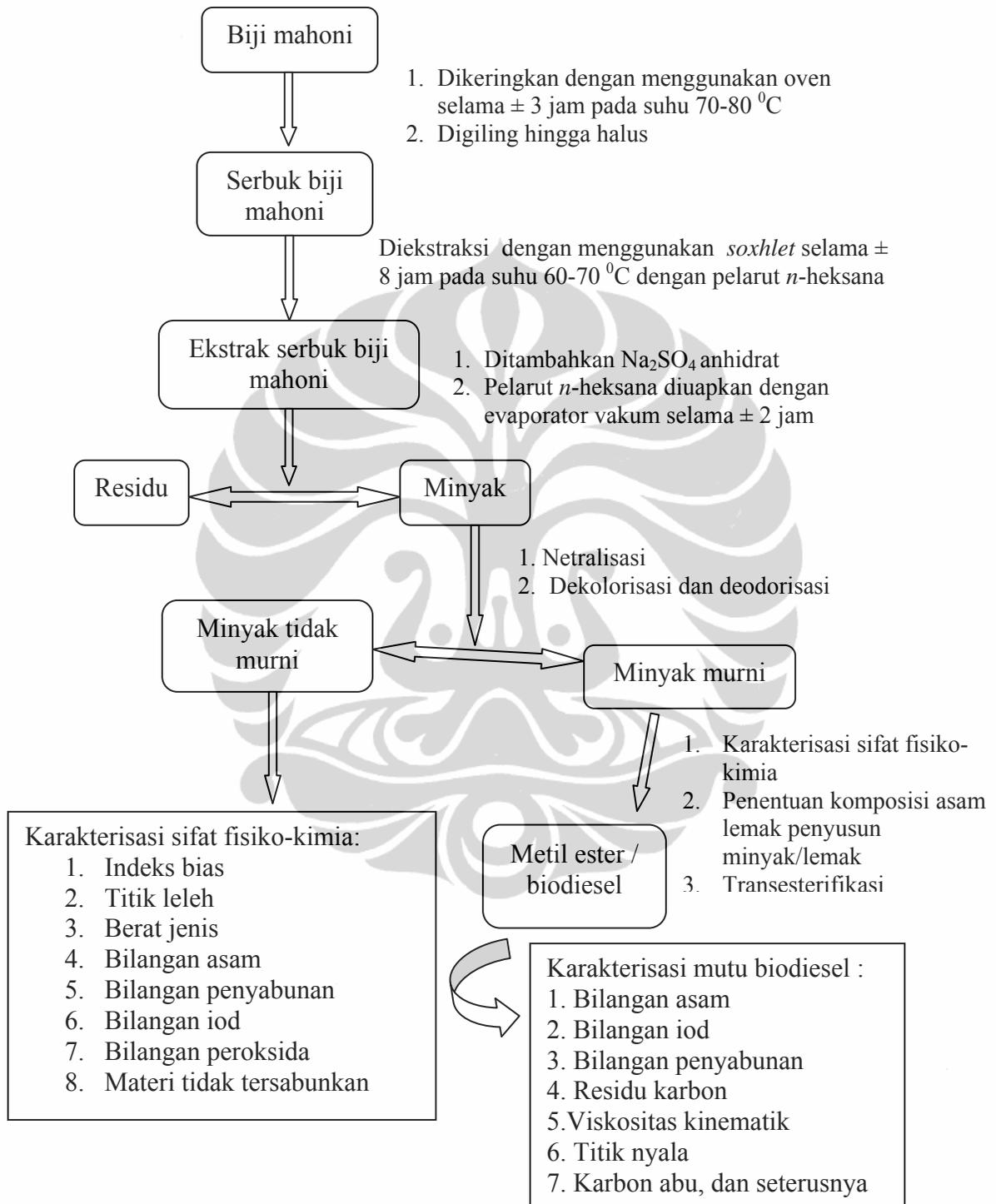
### 3.2.2 BAHAN

1. Biji mahoni
2. *n*-Heksana teknis dan p.a
3. Etanol p.a
4. Metanol p.a
5. Aquades
6. Larutan *Wijs*
7. Larutan Koroform
8. Asam asetat glasial
9. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat
10. KOH
11. Indikator Fenolftalein (PP)
12. Indikator kanji
13. KOH-alkoholis 0,5 N
14. Larutan KOH 0,1 N, 0,02 N
15. HCl pekat, larutan HCl 0,5 N
16. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat
17. Larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,5 N
18. Larutan KI jenuh, 15 %
19. NaCl jenuh
20. Karbon aktif
21. Tanah pemucat (*Bleaching earth*)
22. KHP
23. BF<sub>3</sub>-metanolat
24. Es
25. *n*-heptana
26. NaOH

### 3.3 PROSEDUR KERJA

#### 3.3.1 SKEMA KERJA

Alur kerja pada ekstraksi minyak dari biji mahoni, analisis sifat-sifat fisiko-kimia minyak biji mahoni dan pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni sebagai berikut :



Universitas Indonesia

### 3.3.2 EKSTRAKSI MINYAK BIJI MAHONI

Biji mahoni dipisahkan dari kulit luar dan kulit arinya, kemudian dikeringkan dengan oven sampai kering pada suhu 70-80<sup>0</sup>C selama kurang lebih 3-4 jam. Selanjutnya biji mahoni dihaluskan hingga terbentuk serbuk, dan dimasukkan dalam slongsong (*dumble*) yang terbuat dari kertas saring yang dijahit berbentuk tabung dengan ukuran sesuai besarnya *soxhlet*. Sebelum dimasukkan dalam *soxhlet*, biji mahoni ditimbang untuk menghitung randemen/kandungan minyaknya. Selanjutnya dilakukan ekstraksi sinambung dengan menggunakan peralatan *soxhlet* dengan pelarut *n*-heksana, pada suhu 60-70<sup>0</sup>C selama ±7-8 jam. Ekstrak kasar yang diperoleh, ditambahkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat untuk mengikat kandungan air, selanjutnya disaring. Filtrat hasil penyaringan diuapkan dengan menggunakan evaporator vakum (*rotator evaporator*) selama ± 2 jam.

$$\text{Kadar minyak biji mahoni} = \frac{\text{Berat minyak}}{\text{Berat sebuk biji mahoni}} \times 100\%$$

### 3.3.3 PEMURNIAN MINYAK BIJI MAHONI HASIL EKSTRAKSI

#### 3.3.3.1 Tahap Netralisasi

Sampel minyak dilarutkan dalam etanol 95% dengan perbandingan minyak : etanol = 1 : 5 (w/v) (Contoh : minyak 10 g, maka etanol 95% sebanyak 10 x 5 = 50 mL). Kemudian ditambahkan KOH 0,1 N sebanyak KOH 0,1 N yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas pada uji bilangan asam (contoh : pada uji bilangan asam, 1 g minyak dibutuhkan 1 mL KOH 0,1 N, untuk menetralkan 10 g minyak ditambahkan KOH 0,1 N sebanyak 10 mL). Campuran dipanaskan pada suhu ± 65<sup>0</sup>C sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen selama 30 menit. Kemudian campuran ditempatkan dalam corong pisah dan ditambahkan 50 mL *n*-heksana p.a dan dikocok. Selanjutnya campuran didiamkan hingga terbentuk 2 lapisan, dan lapisan atas (minyak di dalam *n*-heksana) diambil untuk proses pemucatan warna.

Universitas Indonesia

### 3.3.3.2 Tahap Pemucatan Warna (*Decolorization*) dan Penghilangan Bau (*Deodorization*)

Larutan minyak dalam *n*-heksana hasil penetralan, ditambahkan tanah pemucat (*bleaching earth*) sebesar 2% dari berat minyak dan karbon aktif sebesar 5% dari berat minyak. Campuran dipanaskan pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Selanjutnya campuran didinginkan dan ditambahkan satu spatula  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat dan didiamkan selama  $\pm 5$  jam atau sampai campuran tanah pemucat dan karbon aktif mengendap sempurna, kemudian disaring dengan kertas saring berulang kali hingga tidak terlihat sisa karbon pada kertas saring dan pada tiap penyaringan kertas saring dibilas dengan *n*-heksana untuk meminimalkan jumlah minyak yang hilang dalam proses penyaringan. Filtrat hasil penyaringan diuapkan dengan evaporator vakum selama  $\pm 2$  jam. Karbon aktif lebih efektif untuk menyerap warna dibandingkan tanah pemucat, tetapi kekurangannya adalah minyak yang tertinggal dalam arang aktif lebih besar dibandingkan dengan minyak yang tertinggal dalam tanah pemucat (Ketaren, 1986). Sehingga tanah pemucat dan karbon aktif digunakan secara bersamaan, diharapkan dapat mengoptimalkan proses pemucatan warna (*decolorization*) dan penghilangan bau (*deodorization*).

## 3.3.4 KARAKTERISASI MINYAK BIJI MAHONI

### 3.3.4.1 Penentuan Indeks Bias

Refraktometer distandarkan terlebih dahulu dengan air murni ( $n = 1,333$ ) sebelum digunakan. Pengukuran indeks bias minyak dilakukan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Satu tetes minyak diletakkan pada kaca prisma refraktometer, kemudian kaca prisma ditutup, lampu refraktometer dihidupkan dan dilihat batas gelap terang ditempatkan tepat ditengah-tengah. Kemudian lampu dimatikan dan dilihat skala pembacaan indeks bias pada refraktometer. Setiap kali pemakaian, kaca prisma dibersihkan dengan alkohol dan aquades dengan cara diteteskan lalu dikeringkan dengan kertas penghisap (*tissue*) hingga kering (kertas penghisap cukup ditempelkan pada kaca prisma, agar kaca tidak tergores).

Universitas Indonesia

### 3.3.4.2 Penentuan Bobot Jenis

Pengukuran bobot jenis minyak biji mahoni dengan menggunakan piknometer berukuran 10 mL. Piknometer kosong yang sudah dibersihkan dan direndam dalam air pada suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, kemudian ditimbang dengan timbangan dengan ketelitian 4 angka di belakang koma. Selanjutnya piknometer diisi air suling yang telah didinginkan pada suhu  $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$  hingga luber pada pipa kapiler tutup piknometer, dan dihindari terbentuknya gelembung gas pada piknometer. Piknometer selanjutnya direndam dalam air pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 30$  menit. Piknometer diangkat dan dikeringkan dengan kertas penghisap dan ditimbang. Bobot air adalah selisih dari bobot piknometer dan air dikurangi bobot piknometer kosong. Sampel minyak didinginkan dalam lemari pendingin pada suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Minyak diisikan dalam piknometer hingga luber pada pipa kapiler tutup piknometer dan tidak ada gelembung gas pada piknometer. Piknometer beserta isinya direndam dalam air pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, kemudian diangkat dan dikeringkan lalu ditimbang.

$$\text{Bobot Jenis} = \frac{(\text{Bobot piknometer dan minyak}) - (\text{Bobot piknometer kosong})}{\text{Bobot air}}$$

### 3.3.4.3 Penentuan Titik Leleh

Ke dalam sampel minyak dicelupkan 3 buah pipa kapiler, hingga minyak naik setinggi 1 cm pada ujung pipa kapiler, sedangkan ujung pipa kapiler lainnya ditutup. Pipa-pipa kapiler tersebut kemudian diletakkan dalam gelas kimia dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu sekitar  $-5^{\circ}\text{C}$  selama 16 jam hingga minyak membeku sempurna. Setelah minyak membeku sempurna, pipa kapiler diikatkan pada termometer, dimana ujung pipa kapiler yang terbawah (yang terdapat minyak beku) sejajar dengan ujung *reservoir* air raksa/alkohol dari termometer. Kemudian termometer yang sudah diikatkan pipa kapiler dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi butiran-butiran es dan NaCl, hingga ujungnya terendam sekitar 3 cm. Sambil diaduk, suhu air dinaikkan rata-rata  $0,5^{\circ}\text{C}$  setiap

Universitas Indonesia

menit dengan cara memasukkan gelas kimia ke dalam baskom yang berisi air. Suhu pada saat minyak mulai meleleh sampai dengan semua minyak meleleh dicatat.

#### 3.3.4.4 Penentuan Bilangan Asam

Sampel minyak sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 50 mL etanol 95%. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 65°C sambil diaduk, sampai terbentuk larutan yang homogen (tidak terlihat butiran-butiran minyak), selanjutnya dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N dan menggunakan indikator fenolftalein (PP) 1% sampai terlihat perubahan warna menjadi merah jambu sebagai titik akhir titrasi.

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V \times N \times 56,1}{g}$$

Keterangan :

V = volume/mL KOH yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel

N = normalitas KOH hasil standarisasi

g = bobot minyak

56,1 = berat ekivalen KOH

#### 3.3.4.5 Penentuan Bilangan Iod

Sampel minyak sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL yang dibungkus rapat dengan kertas atau aluminium foil. Kemudian ke dalam labu Erlenmeyer tersebut ditambahkan 10 mL kloroform dan 25 mL larutan Wijs, dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya, ditambahkan 10 mL larutan KI 15% dan dikocok, lalu dititrasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N hingga larutan berubah warna menjadi kuning pucat. Ke dalam larutan tersebut kemudian ditetesi larutan indikator amilum/kanji 3-5 tetes (larutan berbubuh menjadi berwarna biru), dan

titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang. Dengan cara yang sama dilakukan untuk blanko (tanpa sampel minyak).

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 12,69}{g}$$

Keterangan :

$V_b$  = mL tiosulfat yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko

$V_s$  = mL tiosulfat yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak

$N$  = normalitas tiosulfat

$g$  = bobot minyak

$$12,69 = \frac{\text{berat ekuivalen iod}}{10}$$

$1/10$  = faktor konversi agar satuan menjadi g iod / 100 g minyak

#### 3.3.4.6 Penentuan Bilangan Penyabunan

Satu g sampel minyak dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 12,5 mL KOH-alkoholis 0,5 N. Selanjutnya labu Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik dan dididihkan selama 30 menit atau sampai semua sampel minyak tersabunkan (tidak terlihat butiran-butiran minyak). Setelah minyak tersabunkan sempurna, larutan didiamkan kurang lebih satu menit, kemudian ditambah 3-5 tetes indikator fenolftalein (PP) 1%, dan dititrasi dengan larutan HCl 0,5 N, hingga warna merah jambu hilang. Hasil titrasi sampel dibandingkan dengan blanko untuk mendapatkan bilangan penyabunan.

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 56,1}{g}$$

Keterangan :

$V_b$  = volume HCl (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko

$V_s$  = volume HCl (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak

Universitas Indonesia

- N = normalitas larutan KOH-alkoholis  
 g = bobot minyak  
 56,1 = berat ekivalen KOH

### 3.3.4.7 Penentuan Bilangan Peroksida

Sampel minyak sebanyak 1 g ditambahkan 30 mL campuran pelarut yang terdiri dari asam asetat glasial dan kloroform, dengan perbandingan 3 : 2 (v/v). Campuran didiamkan beberapa saat kemudian ditambahkan sekitar 5 tetes KI jenuh sambil dikocok, selanjutnya dipanaskan selama 5 menit, kemudian ditambahkan 30 mL air, dan dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N dengan menggunakan indikator kanji 0,5%. Dengan cara yang sama dilakukan pada blanko.

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 1000}{g}$$

Keterangan :

- $V_s$  = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak  
 $V_b$  = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko  
 N = normalitas larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   
 g = bobot sampel minyak  
 1000 = faktor konversi agar satuan menjadi  $\text{O}_2/\text{kg}$  sampel

### 3.3.4.8 Materi Tidak Tersabunkan

Sampel minyak sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan 25 mL larutan KOH-alkoholis 0,5 N, selanjutnya dihubungkan dengan pendingin balik, dan campuran dididihkan selama 1 jam atau sampai semua minyak tersabunkan (tidak terlihat butiran-butiran minyak). Kemudian bagian dalam pendingin balik dibilas dengan alkohol 10%, dan campuran dimasukkan ke dalam

corong pisah, sedangkan labu Erlenmeyer dibilas dengan *n*-heksana untuk mengangkat fraksi non polar dan alkohol 10% untuk mengangkat fraksi yang semi polar/polar. Campuran pada corong pisah didinginkan hingga suhu kamar, kemudian diekstraksi dengan 25 mL *n*-heksana sedikitnya 3 kali sambil dikocok pada setiap ekstraksi. Setelah penambahan *n*-heksana, kemudian didiamkan beberapa saat sehingga terbentuk 2 lapisan, lapisan bawah diekstraksi lagi dengan *n*-heksana, sedangkan fraksi atas dikumpulkan untuk selanjutnya diekstraksi dengan alkohol 10% . Gabungan ekstrak lapisan atas (fraksi organik) dicuci 2 kali dengan alkohol 10% sambil dikocok (fraksi yang diambil yang atas dan dicuci dengan alkohol lagi). Selanjutnya fraksi atas tersebut (fraksi *n*-heksana) dipindahkan ke dalam gelas kimia dan diuapkan dengan penangas air hingga kering. Pengeringan dilanjutkan dengan oven pada suhu 75-80<sup>0</sup>C untuk menyempurnakan pengeringan sampai bobot tetap, lalu didinginkan dalam desikator. Setelah residu ditimbang, ditambahkan 50 mL alkohol 95% hangat (50<sup>0</sup>C). Selanjutnya campuran tambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein (PP) 1% dan dititrasi dengan larutan KOH 0,02 N sampai terbentuk warna merah jambu.

$$\text{Materi Tidak Tersabunkan} = \frac{(BR - BA)}{g} \times 100\%$$

Keterangan :

BR = bobot residu (g)

BA = bobot asam lemak (g)

BA = volume KOH 0,02 N (mL) yang dibutuhkan dalam mentitrasi sampel minyak x Normalitas KOH x 0,056

g = bobot sampel minyak

0,0561 =  $\frac{\text{berat ekivalen KOH}}{1000}$

### 3.3.5 PENENTUAN KOMPOSISI ASAM LEMAK

Sampel minyak sebanyak 1 g ditambahkan 10 mL NaOH-metanol 0,5 N dan batu didih dimasukkan ke dalam labu bulat yang dilengkapi dengan pendingin balik. Kemudian campuran dipanaskan pada suhu 65<sup>0</sup>C sekitar 5-10 menit. Selanjutnya ditambahkan 12 mL BF<sub>3</sub>-metanolat, dan dididihkan lagi selama 2 menit (sampai butiran minyak larut), kemudian ditambahkan 2-5 mL *n*-heptana dan dididihkan lagi selama 1 menit. Campuran tersebut dipindahkan ke dalam corong pisah, dan ditambahkan 15 mL larutan NaCl jenuh serta dikocok ketika larutan masih hangat. Setelah didiamkan hingga terbentuk 2 fasa, lapisan atas (*n*-heptana) diambil, kemudian dikeringkan dengan menambahkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat. Larutan *n*-heptana kering siap diinjeksikan ke alat kromatografi gas dengan kondisi sebagai berikut :

Nama alat	: GC-R1A Shimadzu
Detektor	: FID (Flame Ionization Detector)
Kolom	: Packing kolom, gelas kaca
Bahan pengisi kolom	: 15% DEGS (Diethylene Glykol Succinate)
Padatan pendukung	: Chromosorb WAW 60-80 mesh
Fasa diam	: Cair
Panjang kolom	: 4,1 m
Diameter kolom	: 3,2 mm
Gas pembawa	: N <sub>2</sub>
Suhu awal	: 130 <sup>0</sup> C
Suhu akhir	: 200 <sup>0</sup> C
Suhu injector	: 210 <sup>0</sup> C
Kecepatan aliran suhu	: 8 <sup>0</sup> C/menit
Instansi	: Balai Besar Industri Agro (BBIA), Bogor

### 3.4 PEMBUATAN METIL ESTER DARI MINYAK BIJI MAHONI

KOH (1,5% dari berat minyak) sebagai katalis, dilarutkan ke dalam metanol, kemudian dimasukkan ke dalam labu bulat berleher 2 yang berisi minyak biji mahoni . Selanjutnya diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 23-27<sup>0</sup>C selama 1

jam. Adapun perbandingan mol minyak dengan mol metanol adalah 1 : 9. Setelah 1 jam, campuran dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan hingga terbentuk 2 fasa, yaitu lapisan bawah (gliserol) dan lapisan atas (metil ester). Lapisan atas dipisahkan dari lapisan bawah, selanjutnya lapisan atas dicuci dengan air panas (suhu air sekitar 70<sup>0</sup>C) sampai air cucian netral (dikontrol dengan indikator universal). Metil ester hasil pencucian dikeringkan dengan penambahan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat, dan didiamkan selama ± 1 jam, selanjutnya disaring. Metil ester yang dihasilkan ditimbang, untuk menghitung persentase keberhasilan prosesnya.

$$\text{Hasil} = \frac{\text{mol metil ester (g)}}{\text{mol minyak (g)}} \times 100\%$$

### **3.4.1 PENENTUAN KARAKTERISTIK METIL ESTER/BIODIESEL DARI MINYAK BIJI MAHONI**

#### **3.4.1.1 Penentuan Bilangan Asam**

Penentuan bilangan asam metil ester/biodiesel, dilakukan cara yang sama dengan penentuan bilangan asam pada minyak (bagian 3.3.4.4).

#### **3.4.1.2 Penentuan Bilangan Penyabunan**

Penentuan bilangan penyabunan metil ester/biodiesel, dilakukan cara yang sama dengan penentuan bilangan penyabunan pada minyak (bagian 3.3.4.6).

#### **3.4.1.3 Penentuan Bilangan Iod**

Penentuan bilangan iod metil ester/biodiesel, dilakukan cara yang sama dengan penentuan bilangan iod pada minyak (bagian 3.3.4.5).

#### 3.4.1.4 Penentuan Residu Karbon

Cawan platina dibersihkan dengan HCl pekat panas. Cawan dibakar dalam tanur lalu didinginkan, kemudian ditentukan beratnya. Sampel dimasukkan ke dalam cawan dan ditentukan beratnya. Cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 500-700<sup>0</sup>C sampai sampel berubah menjadi karbon, kemudian didinginkan dan ditentukan beratnya. Kadar karbon merupakan persentase berat residu karbon dibanding berat sampelnya.

#### 3.4.1.5 Penentuan Viskositas Kinematik 4<sup>0</sup>C

Biodiesel dimasukkan ke dalam viscometer dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 45<sup>0</sup>C selama 30 menit. Sampel ditarik dengan bulb sampai di atas tanda batas pertama. Waktu pengaliran diukur dari batas pertama sampai batas kedua tabung viscometer. Percobaan dilakukan beberapa kali dan waktu alirnya dirata-rata. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$V = C \times t$$

Dimana :

V = viskositas kinematik (mm<sup>2</sup>/detik)

C = konstanta viscometer yang digunakan

t = waktu alir rata-rata (detik)

#### 3.4.1.6 Penentuan Titik Nyala

Sampel biodiesel diisikan ke dalam *cup* uji sampai batas ketinggian tepat pada tanda pengisian. Jika sampel terlalu banyak, maka dibuang dengan alat suntik. Jika ada tumpahan sampel, maka *cup* dicuci dan diisi kembali. Gelembung udara yang ada pada sampel dibuang dengan menggunakan spatula atau peralatan lainnya. Jika terbentuk busa selama pengujian akhir, pengujian dihentikan. Selanjutnya *cup* uji diletakkan di tengah pemanas dengan suhu tidak boleh lebih dari 56<sup>0</sup>C di bawah perkiraan titik nyala.

Universitas Indonesia

### 3.4.1.7 Penentuan Kadar Abu

Sampel ditimbang dalam cawan dengan pembulatan 0,1 mg tidak lebih dari 20 mg. Cawan dipanaskan sampai sampel terbakar sendiri. Suhu cawan dijaga sesuai dengan suhu pembakaran, agar pembakaran tidak terhenti dengan menempatkannya di atas plat pemanas. Sampel dibiarkan terbakar sendiri sampai tersisa karbon dan abu. Pembakaran dihentikan dan sampel diganti dengan yang baru, jika banyak mengandung air. Selanjutnya 2 mL propanol ditambahkan ke dalam sampel, baru kemudian diaduk hingga merata dengan pengaduk gelas. Pengaduk gelas dibersihkan dengan kertas pengering tanpa abu, kemudian kertas pengering tersebut dimasukkan ke dalam sampel. Jika penambahan 2 mL propanol tidak berhasil, ke dalam sampel ditambahkan dengan 10 mL campuran propanol dan toluene. Sisa karbon dipanaskan dalam dapur *Muffle* pada suhu  $775 \pm 25^{\circ}\text{C}$  sampai seluruh karbon hilang. Cawan didinginkan pada suhu ruang dalam desikator (tanpa pengering) dan ditimbang. Pemanasan diulangi lagi pada suhu  $775 \pm 25^{\circ}\text{C}$  selama 20 menit, kemudian didinginkan kembali dan ditimbang sampai berat konstan (tidak berubah > 0,5 mg).

$$\text{Kandungan Abu} = \frac{\text{Bobot abu (g)}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100\%$$

### 3.4.1.8 Penentuan Indeks Setana

Penentuan indeks setana dengan metode AOCS, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Setana} = 46,3 + \frac{5458}{x} - 0,225 y$$

Dimana :

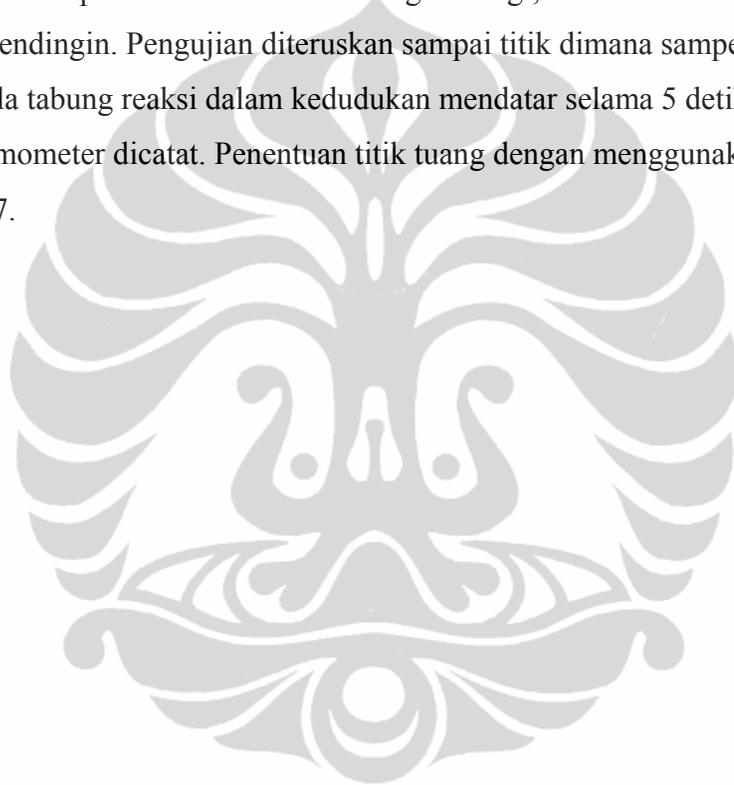
x = Bilangan penyabunan

y = Bilangan iod

Angka 46,3; 5458 dan -0,225 merupakan suatu konstanta

#### **3.4.1.9 Penentuan Titik Tuang (*Pour Point*)**

Sampel biodiesel dituangkan ke dalam tabung reaksi, tabung reaksi ditutup dengan sumbat gabus yang telah terpasang termometer. Kedudukan termometer diatur sedemikian rupa permukaan kapiler 3 mm di bawah permukaan sampel. Tabung reaksi diletakkan dalam ruang pendingin. Suhu pendingin dipertahankan sampai 2<sup>0</sup>C. Jika sampel dirasa sudah tidak bergerak lagi, kemudian tabung reaksi diangkat dari pendingin. Pengujian diteruskan sampai titik dimana sampel tidak bergerak apabila tabung reaksi dalam kedudukan mendatar selama 5 detik, suhu pembacaan termometer dicatat. Penentuan titik tuang dengan menggunakan metode uji ASTM D 97.



Universitas Indonesia

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 EKSTRAKSI MINYAK BIJI MAHONI

Biji mahoni berbentuk lonjong, pipih, tipis, berwarna krem/agak kecoklatan dan rasanya pahit. Kulit arinya berwarna coklat tipis, sedangkan kulit buah tebal, keras dan berwarna coklat.



Gambar 4.1 Biji mahoni sebelum dipisahkan kulit arinya (kiri) dan biji mahoni yang sudah dikupas kulit arinya.

Biji mahoni dipisahkan dari kulit arinya dan dikeringkan untuk meminimalisasi kadar air dengan cara dipanaskan dalam oven sampai berat biji mahoni tidak banyak berubah.

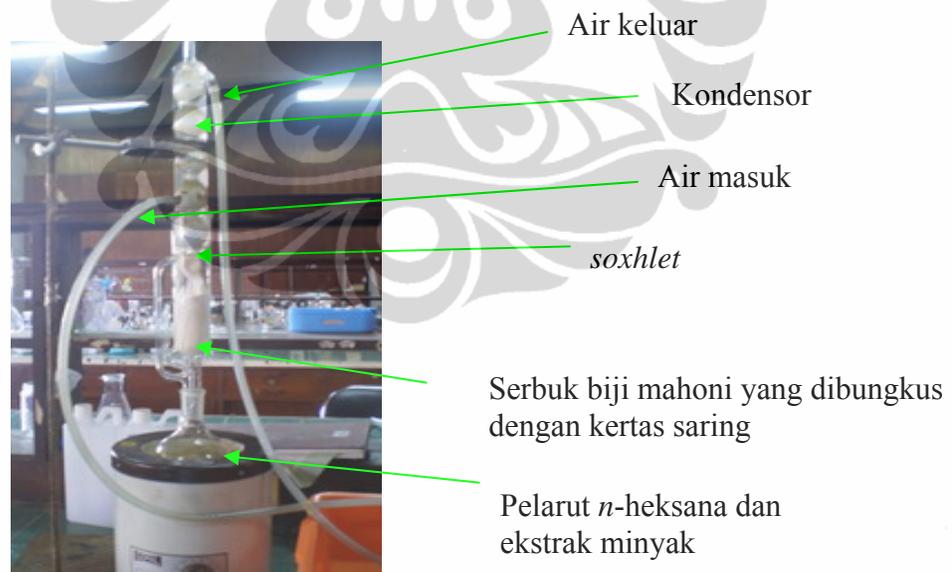


Gambar 4.2 Sebelah kiri penimbangan biji mahoni sebelum dioven, dan sebelah kanan proses pengeringan dengan oven

Universitas Indonesia

Biji mahoni yang sudah kering, dihaluskan sehingga menjadi berbentuk serbuk untuk memaksimalkan proses pengambilan minyaknya. Selanjutnya dimasukkan ke dalam slongsong (*dumble*), yang terbuat dari kertas saring yang dijahit berbentuk tabung dengan ukuran sesuai besarnya *soxhlet*, untuk proses pengambilan minyak yang terkandung dalam serbuk biji mahoni oleh pelarut, sehingga minyak yang terekstraksi oleh pelarut, tidak tercampur dengan serbuk biji mahoni.

Dalam penelitian ini, untuk mengekstraksi minyak dari serbuk biji mahoni digunakan prinsip ekstraksi sinambung (Sokhletasi), dimana air mengalir dari bawah ke atas melalui selang yang dipasang pada kondensor. Pelarut yang digunakan adalah *n*-heksana, berdasarkan sifat minyak yang non polar sehingga dibutuhkan pelarut yang bersifat non polar juga. Pada prinsip ekstraksi sinambung, penarikan komponen kimia dilakukan dengan cara serbuk sampel ditempatkan dalam slongsong kertas saring sedemikian rupa, sehingga cairan pengeksrak *n*-heksana yang dipanaskan dalam labu alas bulat akan menguap dan dikondensasikan oleh kondensor menjadi embun/cairan yang jatuh ke dalam slongsong, mengekstrak minyak di dalam serbuk sampel dan jika cairan pengeksrak telah mencapai permukaan slongsong yang berisi sampel, seluruh cairan akan turun kembali ke labu alas bulat melalui pipa kapiler hingga terjadi sirkulasi secara berulang. Proses ekstraksi minyak biji mahoni dilakukan pada suhu 60-70<sup>0</sup>C (berdasarkan titik didih *n*-heksana sekitar 60<sup>0</sup>C) selama 6-8 jam dalam satu kali proses.



Gambar 4.3 Proses ekstraksi minyak biji mahoni dengan *soxhlet*

Ekstrak minyak kasar yang diperoleh dikumpulkan, selanjutnya ditambah  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk menarik air yang kemungkinan masih terkandung dalam ekstrak minyak dan *n*-heksana, kemudian campuran didiamkan beberapa saat, lalu disaring. Filtrat hasil penyaringan diuapkan dengan menggunakan evaporator vakum untuk memisahkan *n*-heksana, sehingga diperoleh minyak biji mahoni kasar (*crude oil*). Dari hasil ekstraksi serbuk biji mahoni sebanyak 1264,03 g, diperoleh minyak kasar sebanyak 680,90 g, sehingga randemen/kandungan minyak dalam biji mahoni sebesar 55,87% berdasarkan cara perhitungan berikut.

$$\text{Randemen} = \frac{\text{Berat minyak (g)}}{\text{Berat biji mahoni (g)}} \times 100\%$$

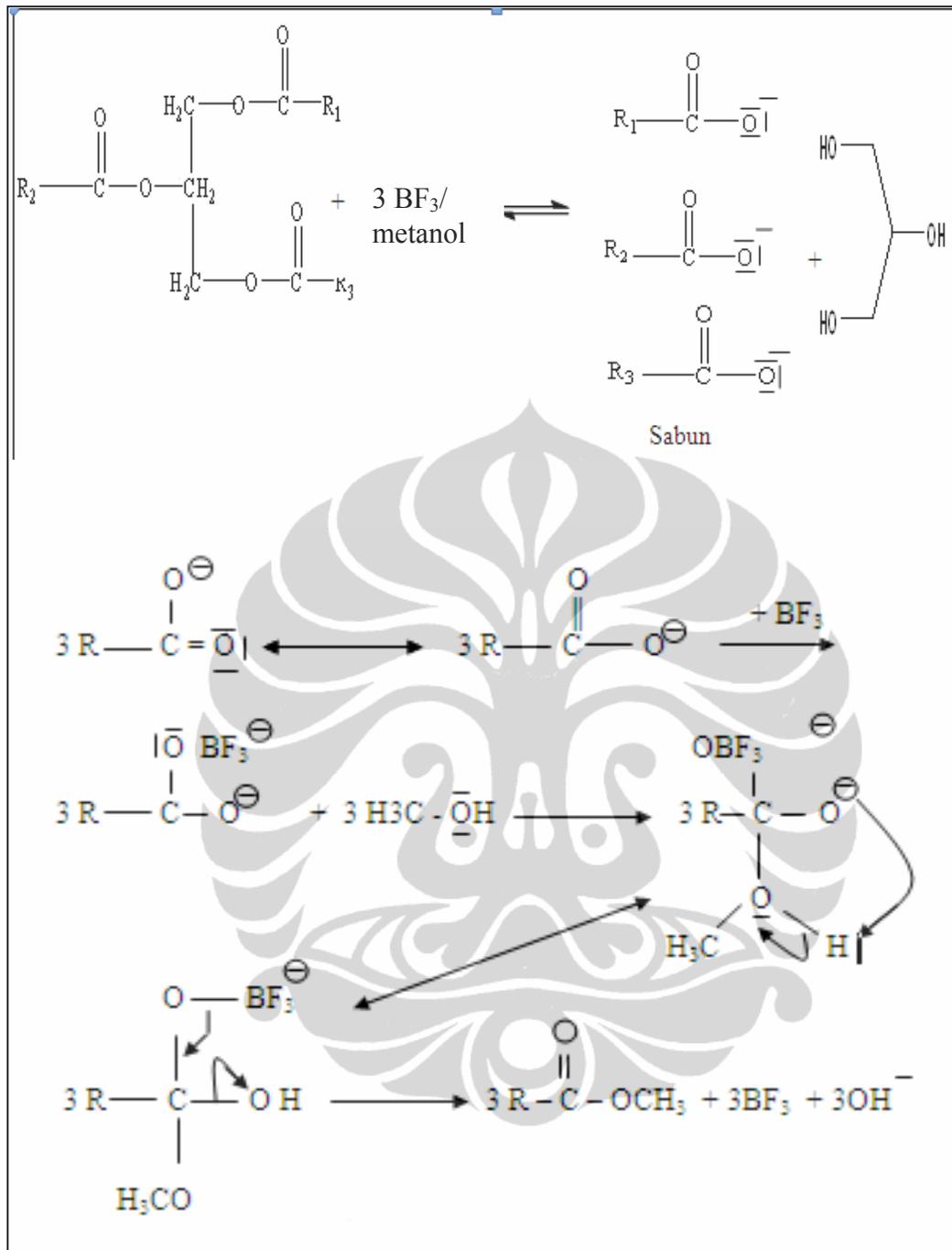
#### 4.2 KOMPOSISI ASAM LEMAK PENYUSUN MINYAK BIJI MAHONI

Metoda analisis yang digunakan dalam penentuan asam lemak penyusun trigliserida adalah kromatografi gas. Umumnya analisis asam lemak tidak dilakukan langsung dari asam lemak trigliseridanya, tetapi dianalisis dalam bentuk derivatnya yang memberikan senyawa baru yang bersifat lebih *volatile*, biasanya dalam bentuk metil ester asam lemaknya. Selain itu, analisis langsung asam lemak ternyata tidak memberikan kromatogram maupun pemisahan yang baik. Hal ini disebabkan karena pada analisis langsung, asam lemaknya masih dalam bentuk trigliserida dan mempunyai titik didih tinggi. Sebaliknya metil ester ternyata memberikan pemisahan yang lebih baik, karena titik didihnya lebih rendah.

Sintesis metil ester dari minyak biji mahoni menggunakan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi (alkoholisis) adalah reaksi suatu ester (trigliserida) dengan alkohol membentuk alkil ester dan gliserol. Proses ini bertujuan untuk mengubah (tri-,di-,mono-) gliserida menjadi alkil ester asam lemak (FAME : *Fatty Acid Methyl Esther*). Pada penelitian ini alkohol yang digunakan adalah metanol dan katalis KOH, untuk meningkatkan laju reaksi ke arah produk. Metoda umum dalam penyiapan metil ester asam lemak adalah metoda AOAC (No.28.057), dengan katalis borontrifluorida dalam metanol ( $\text{BF}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ ).  $\text{BF}_3$  adalah suatu asam Lewis yang mempunyai reaktifitas lebih besar dibandingkan dengan asam-asam mineral

Universitas Indonesia

seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, p-Toluena sulfonat dan lain-lain, serta menghasilkan randemen metil ester yang lebih besar. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis BF<sub>3</sub> sebagai berikut :



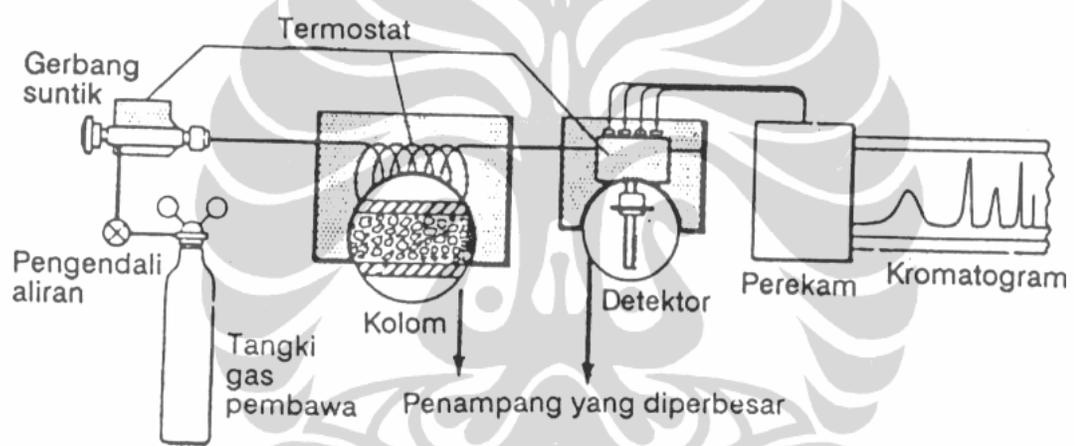
Gambar 4.4 Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis BF<sub>3</sub>

Metil ester yang terbentuk diekstraksi dengan *n*-heptana dan ditambahkan NaCl jenuh agar kepolaran fasa polar bertambah, sehingga fasa non polar (*n*-heptana) terpisah ke lapisan atas. Kemudian ekstrak dikeringkan dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat, dan disuntikkan ke dalam instrumen kromatografi gas.

Bagian dasar suatu kromatografi gas adalah:

1. Tangki gas pembawa.
2. Pengendali aliran dan pengatur tekanan.
2. Gerbang suntik (lubang masuk cuplikan).
3. Termostat untuk gerbang suntik, kolom, dan detector.
4. Kolom.
5. Detektor.
6. Perekam

Bagian-bagian dasar kromatografi gas ditampilkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.5 Bagian dasar kromatografi gas

(Sumber : Widyastuti, 2007)

Untuk menentukan jenis asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak biji mahoni, digunakan asam lemak standar. Jika waktu retensi antara asam lemak standar dengan asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak biji mahoni sama/relatif sama, maka asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak biji mahoni dapat ditentukan. Waktu retensi asam lemak standar dan asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak mahoni disajikan pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Universitas Indonesia

Tabel 4.1 Hasil uji asam lemak standar dengan kromatografi gas

Peak#	Cmpd Name	Ret.Time	Area	Area%	Height
1	Kaprilat	3.561	191929	6.2339	69650
2	Kaprat	6.884	145878	4.7381	37299
3	Laurat	12.223	1476065	47.9429	304957
4	Miristat	18.496	443479	14.4043	87479
5	Palmitat	24.894	203954	6.6245	39845
6	Stearat	31.013	64779	2.1040	11798
7	Oleat	31.512	278759	9.0542	54841
8	Linoleat	32.809	65158	2.1163	12620
9	Linolenat	34.650	208797	6.7818	41760
Total			3078798	100.0000	660249

Tabel 4.2 Hasil uji asam lemak pada sampel/minyak biji mahoni dengan kromatografi gas

Peak#	Cmpd Name	Ret.Time	Area	Area%	Height
1	Kaprilat	3.547	5999	0.0558	2650
2	Kaprat	6.945	6821	0.0634	834
3	Laurat	12.163	1147	0.0107	232
4	Miristat	18.472	3032	0.0282	702
5	Palmitat	24.970	1596306	14.8470	266518
6	Stearat	31.155	1594845	14.8334	187792
7	Oleat	31.687	3958904	36.8212	493096
8	Linoleat	32.961	3158101	29.3730	455234
9	Linolenat	34.669	426543	3.9672	85189
Total			10751698	100.0000	1492247

Dari Tabel 4.1, jika diketahui waktu retensi asam kaprilat (pada asam lemak standar) sebesar 3,561, maka asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak biji mahoni pada Tabel 4.2, yang mempunyai waktu retensi sebesar 3,547 dapat ditetapkan sebagai asam kaprilat.

Sedangkan untuk menentukan % kandungan asam lemak pada sampel, dapat ditentukan dengan rumus :

$$\% \text{ area/kandungan asam lemak A} = \frac{\text{Area A}}{\text{Total area}} \times 100\%$$

Contohnya, area asam kaprilat pada minyak biji mahoni = 5999

Total area asam lemak pada minyak biji mahoni = 10751698

Maka kandungan asam kaprilat yang menyusun trigliserida dalam minyak biji mahoni adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ area/kandungan asam kaprilat} = \frac{5999}{10751698} \times 100\% = 0,0558 \%$$

Dengan cara yang sama, akan diperoleh data hasil analisa komposisi asam lemak penyusun trigliserida pada minyak biji mahoni dengan menggunakan GC (*gas chromatography*) yang disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Komposisi asam lemak penyusun minyak biji mahoni

Asam Lemak	Komposisi (%)
<b>Asam lemak jenuh</b>	
Kaprilat (C8)	0,0558
Kaprat (C10)	0,0634
Laurat (C12)	0,0107
Miristat (C14)	0,0282
Palmitat (C16:0)	14,8470
Stearat (C18:0)	14,8334
<b>Asam lemak tidak jenuh</b>	
Oleat (C18:1)	36,8212
Linoleat (C18:2)	29,3730
Linolenat (C18:3)	3,9672
<b>Total asam lemak</b>	<b>100</b>

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa kandungan asam lemak pada minyak biji mahoni yang paling banyak adalah oleat, dan linoleat yang mempunyai ikatan rangkap (tidak jenuh), sehingga minyak cenderung memiliki titik leleh rendah, maka pada suhu kamar minyak berwujud cair.

### 4.3 SIFAT FISIKO-KIMIA MINYAK BIJI MAHONI

Sifat fisiko-kimia minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian, disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Sifat fisiko-kimia minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian

Sifat fisiko-kimia	Sebelum pemurnian	Sesudah pemurnian
<b>Sifat Fisika</b>		
1. Bobot jenis (g/mL)	0,9234	0,9161
2. Indeks bias	1,468	1,463
3. Titik lebur ( $^{\circ}$ C)	10-12	8-10
<b>Sifat Kimia</b>		
1. Bilangan asam (mg KOH/g sampel )	15,28	1,56
2. Bilangan iod (g iod/100 g sampel)	47,7	46,9
3. Bilangan penyabunan (mg KOH/g sampel)	196,2	189,7
4. Bilangan peroksida (meq O <sub>2</sub> /kg sampel)	3,39	1,11
5. Materi tidak tersabunkan (%)	14,45	7,60

#### 4.3.1 BOBOT JENIS ( $\rho$ )

Bobot jenis adalah perbandingan antara bobot dari suatu volume sampel minyak atau lemak pada suhu tertentu, dengan bobot air pada suhu dan volume yang sama. Bobot jenis minyak atau lemak dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan dan bobot molekul rata-rata komponen asam lemak penyusun minyak/lemak, karena asam-asam lemak merupakan komponen terbesar yang terkandung dalam minyak/lemak. Bobot jenis minyak/lemak akan naik sebanding dengan naiknya bobot molekul asam-asam lemak penyusunnya, tetapi berbanding terbalik dengan kenaikan derajat ketidakjenuhan asam-asam lemak penyusunnya. Bobot jenis minyak biji mahoni sebelum pemurnian sebesar 0,9234, sedangkan minyak yang sesudah pemurnian mempunyai harga bobot jenis sebesar 0,9161. Bobot jenis pada minyak sebelum pemurnian lebih besar dari pada minyak yang sesudah pemurnian, karena pada minyak sesudah pemurnian, komponen penyusunnya ada yang hilang/berkurang akibat adanya proses netralisasi dan pemucatan yang mengurangi jumlah asam lemak bebas, getah/gum, zat warna, vitamin, dan senyawa hasil reaksi

kimia lainnya, akibatnya bobot molekul minyak/lemak juga berkurang, sehingga bobot jenis juga berkurang.



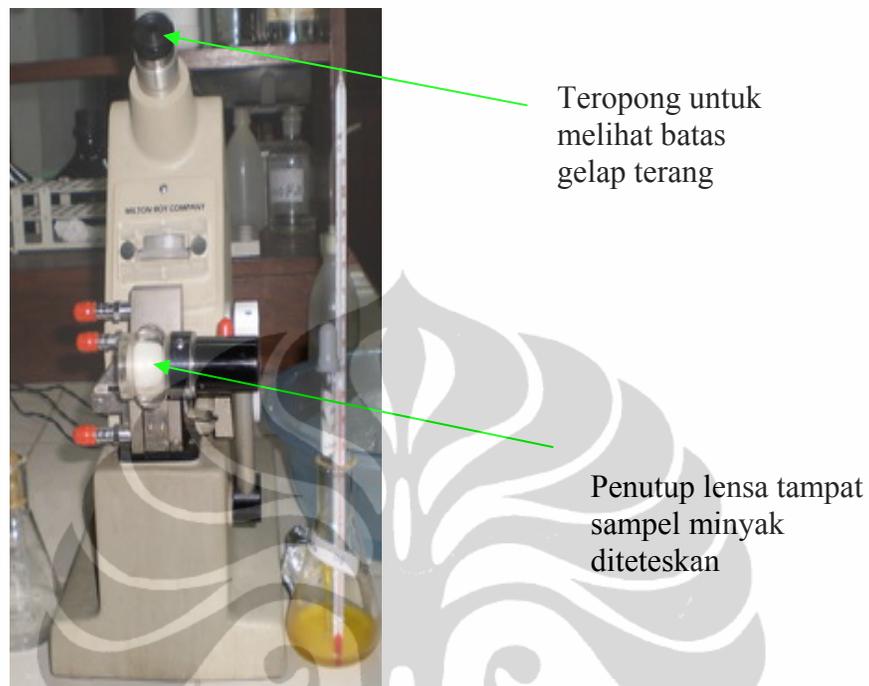
Gambar 4.6 Pengukuran minyak biji mahoni dengan piknometer.

#### 4.3.2 INDEKS BIAS ( $n$ )

Indeks bias merupakan perbandingan antara kecepatan cahaya di dalam udara, dengan kecepatan cahaya di dalam zat tersebut pada suhu tertentu. Nilai indeks bias minyak/lemak dipengaruhi oleh komponen-komponen yang tersusun dalam minyak (asam-asam lemak penyusun trigliseridanya). Semakin panjang rantai karbon, dan semakin banyak ikatan rangkap asam lemak pada minyak/lemak, maka kerapatan medium minyak akan bertambah, sehingga cahaya yang datang akan lebih sukar untuk dibiaskan, sehingga indeks bias semakin besar. Selain itu, nilai indeks juga dipengaruhi oleh adanya air dalam kandungan minyak. Semakin banyak kandungan airnya, maka semakin kecil nilai indeks biasnya. Ini karena sifat dari air yang mudah untuk membiaskan cahaya yang datang.

Harga indeks bias minyak biji mahoni sebelum pemurnian sebesar 1,468 , Sedangkan pada minyak setelah pemurnian adalah 1,463. Indeks bias pada minyak sebelum pemurnian lebih besar dari pada minyak sesudah pemurnian, karena pada minyak yang sudah mengalami pemurnian, komponen penyusunnya ada yang

hilang/berkurang akibat adanya proses netralisasi dan pemucatan yang mengurangi jumlah asam lemak bebas, getah/gum, zat warna, vitamin, dan senyawa hasil reaksi kimia lainnya, juga adanya kemungkinan ikatan rangkap yang putus, akibatnya jumlah ikatan rangkap berkurang dan kerapatan minyak/lemak juga berkurang, sehingga indeks bias juga semakin kecil.



Gambar 4.7 Refraktometer Abbe untuk pengukuran indeks bias ( $n$ )

### 4.3.3 TITIK LELEH

Titik leleh adalah suhu pada saat terjadi perubahan wujud dari padat menjadi cair dari suatu zat. Harga titik leleh minyak/lemak merupakan suatu kisaran suhu tertentu, hal ini disebabkan karena minyak/lemak merupakan campuran dari gliserida dan komponen lainnya. Titik leleh lemak atau minyak dipengaruhi panjang rantai C, jumlah ikatan rangkap pada penyusun asam lemak trigliserida dan bentuk *cis* atau *trans* pada asam lemak tidak jenuh. Semakin panjang rantai C-nya, maka titik leleh semakin tinggi. Sebaliknya, semakin banyak ikatan rangkap, maka

titik leleh semakin rendah. Adapun bentuk *trans* menyebabkan titik cair lebih tinggi daripada asam lemak dalam bentuk *cis*.

Minyak biji mahoni mengandung asam lemak penyusun gliserida antara lain oleat dan linoleat dalam jumlah besar, sehingga titik lelehnya cenderung rendah. Minyak biji mahoni sebelum pemurnian mempunyai kisaran titik leleh 10-12<sup>0</sup>C, sedangkan minyak biji mahoni setelah pemurnian mempunyai kisaran titik leleh 8-10<sup>0</sup>C. Hal ini disebabkan adanya zat-zat atau komponen lain, selain trigliserida yang hilang saat pemurnian.

#### 4.3.4 BILANGAN ASAM

Bilangan asam merupakan ukuran jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak/lemak. Bilangan asam yang besar mempengaruhi kualitas minyak. Yaitu senyawa-senyawa asam tersebut dapat merubah bau khas dari minyak. Hal ini dapat disebabkan oleh lamanya penyimpanan minyak dan adanya kontak antara minyak yang dihasilkan dengan sinar dan udara sekitar, ketika berada pada botol sampel minyak pada saat penyimpanan. Karena sebagian komposisi minyak jika kontak dengan udara atau berada pada kondisi yang lembab, akan mengalami reaksi oksidasi dengan udara (oksigen) yang dikatalisis oleh cahaya sehingga akan membentuk suatu senyawa asam. Jika penyimpanan minyak tidak diperhatikan atau secara langsung kontak dengan udara sekitar, maka akan semakin banyak juga senyawa-senyawa asam yang terbentuk. Oksidasi komponen-komponen minyak, terutama golongan aldehid, dapat membentuk gugus asam karboksilat sehingga akan menambah nilai bilangan asam suatu minyak. Untuk menentukan besarnya bilangan asam digunakan larutan KOH 0,1 N yang sebelumnya distandarisasi terlebih dahulu dengan larutan KHP 0,1.

Minyak biji mahoni sebelum pemurnian mempunyai bilangan asam sebesar 15,28. Sedangkan bilangan asam pada minyak biji mahoni setelah pemurnian turun menjadi 1,56. Penurunan bilangan asam disebabkan adanya proses penetralan dengan penambahan KOH 0,1 N dengan volume sesuai yang dibutuhkan dalam penentuan bilangan asam. Penambahan KOH tersebut akan menetralkan asam lemak

bebas yang ada dalam minyak menjadi sabun dan selanjutnya dipisahkan dari minyak. Dengan turunnya bilangan asam minyak, maka kualitas minyak biji mahoni menjadi lebih baik.

#### 4.3.5 BILANGAN PENYABUNAN

Bilangan penyabunan dinyatakan sebagai banyaknya (mg) KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 g minyak/lemak. Pada pemanasan sampel dan KOH-alkoholis, labu dihubungkan dengan pendingin balik, agar jumlah pereaksi tidak berkurang karena menguap di udara. Sisa larutan alkali yang tidak bereaksi, dititrasi dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N, yang sebelumnya distandarisasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  (natrium boraks) 0,5 N, dan indikator metil orange (MO). Dari hasil penelitian, minyak biji mahoni sebelum pemurnian mempunyai bilangan penyabunan sebesar 196,2. Sedangkan pada minyak biji mahoni setelah pemurnian bilangan penyabunannya turun menjadi 189,7. Hal ini disebabkan karena pada proses pemurnian jumlah asam lemak bebas pada minyak berkurang, sehingga jumlah KOH yang digunakan untuk penyabunan (*saponification*) asam lemak pada trigliserida dan asam lemak bebas juga berkurang.

#### 4.3.6 BILANGAN IOD

Bilangan iod menunjukkan banyaknya molekul iod yang dapat mengadisi ikatan rangkap pada asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak/lemak. Semakin besar bilangan iod, maka minyak akan mudah rusak akibat adanya oksigen di udara, pemanasan, dan proses kimia lainnya.

Penentuan bilangan iod dengan menggunakan cara Wijs, yaitu memakai pereaksi iodium klorida (ICl) dalam larutan asam asetat glasial. Sisa iod yang tidak teroksidasi oleh KI menjadi  $\text{I}_2$ , dititrasi dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat dengan indikator amilum, dan titik akhir titrasi pada saat warna biru (kompleks amilum-iodin) hilang. Larutan natrium tiosulfat sebelumnya distandarisasi terlebih dahulu dengan larutan kalium bikromat dan indikator amilum 1%.

Bilangan iod dari minyak biji mahoni sebelum pemurnian sebesar 47,7, sedangkan bilangan iod pada minyak biji mahoni setelah pemurnian turun menjadi 46,9. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pemurnian ada ikatan rangkap yang teradisi/terputus oleh pemanasan/ udara/proses kimia lainnya.

#### **4.3.7 BILANGAN PEROKSIDA**

Bilangan peroksida dinyatakan sebagai banyaknya ekivalen oksigen aktif yang terdapat dalam 100 g minyak/lemak. Proses oksidasi berlangsung pada tahap pengolahan, penyimpanan, dan penggunaan minyak/lemak. Proses oksidasi terutama terjadi pada asam lemak tidak jenuh penyusun trigliserida. Produk utama (primer) oksidasi adalah hidroperoksida yang tidak berbau. Hidroperoksida tidak stabil dan akan berubah menjadi aldehid, keton, hidrokarbon dan lain-lain yang berbau tengik. Makin besar bilangan peroksida minyak/lemak, menunjukkan makin besar pula tingkat kerusakan pada minyak/lemak tersebut. Bilangan peroksida sampel minyak/lemak dapat ditentukan jika diketahui volume titran pada blanko.

Bilangan peroksida pada minyak biji mahoni sebelum pemurnian sebesar 3,39. Sedangkan bilangan peroksida pada minyak biji mahoni setelah pemurnian turun menjadi 1,11. Hal ini disebabkan karena pada saat pemurnian, komponen-komponen seperti asam lemak bebas, gum dan senyawa-senyawa lain, serta senyawa yang dihasilkan oleh reaksi kimia, dikurangi/diminimalkan.

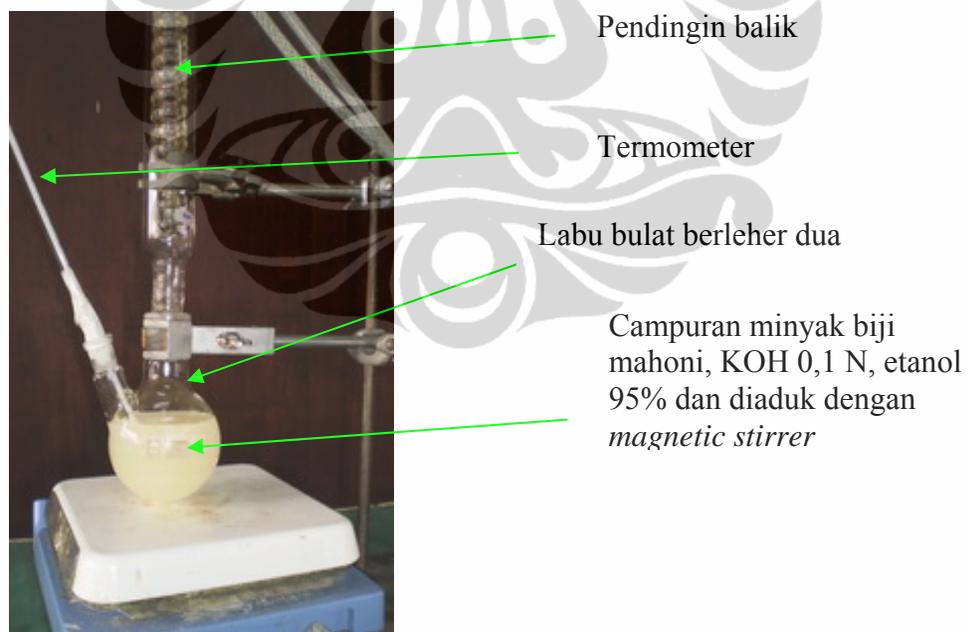
#### **4.3.8 MATERI TIDAK TERSABUNKAN**

Pada minyak/lemak, tersusun oleh komponen yang tersabunkan (fosfolipid, trigliserida, dan asam lemak bebas) dan materi tidak tersabunkan (hidrokarbon rantai panjang, karotenoid, sterol). Materi tidak tersabunkan yang terkandung dalam minyak biji mahoni sebelum pemurnian sebesar 14,45%, sedangkan pada minyak biji mahoni setelah pemurnian turun menjadi 7,60% . Hal ini disebabkan karena pada proses pemurnian ada pengurangan jumlah beberapa komponen seperti karotenoid, vitamin, sterol, dan lain-lain.

## 4.4 PEMURNIAN MINYAK KOTOR (CRUDE OIL) BIJI MAHONI

### 4.4.1 TAHAP NETRALISASI

Pada netralisasi minyak/lemak ditambahkan etanol 95% (dengan perbandingan 1 : 5) dan KOH 0,1 N sebanyak KOH 0,1 N yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas pada uji bilangan asam, hal ini dimaksudkan untuk memisahkan asam lemak bebas melalui reaksi penyabunan (sabun yang terbentuk larut dalam etanol). Selain itu KOH juga dapat menghilangkan/mengurangi jumlah komponen lain seperti vitamin E, karotenoid, protein dan lain-lain. Pada netralisasi digunakan pemanasan pada suhu maksimal 65<sup>0</sup>C untuk mengurangi terjadinya reaksi penyabunan pada asam lemak yang terikat pada trigliserida. Pemakaian pendingin balik bertujuan agar pelarut tidak berkurang dan pengaduk magnetik stirrer digunakan selama ±30 menit agar reaksi berlangsung secara optimal. Setelah 30 menit campuran diletakkan dalam corong pisah dan ditambahkan *n*-heksana dan dikocok agar terbentuk 2 fasa (lapisan atas minyak dan *n*-heksana). Penambahan *n*-heksana bertujuan untuk melarutkan minyak, sehingga terpisah dari komponen lainnya. Kemudian campuran minyak dan *n*-heksana diproses lebih lanjut pada tahap pemucatan.



Gambar 4.8 Proses penetralan minyak kotor (crude oil)

Universitas Indonesia

#### 4.4.2 TAHAP PEMUCATAN (*DECOLORIZATION*) DAN PENHILANGAN BAU (*DEODORIZATION*)

Pada tahap pemucatan dan penghilangan bau, ke dalam campuran minyak dan *n*-heksana ditambahkan karbon aktif (karbon digerus untuk memperbesar luas permukaan bidang sentuh dan dipanaskan dalam oven selama beberapa menit untuk meningkatkan kemampuan adsorbsinya) sebesar 5% dari berat minyak, dan ditambahkan juga *bleaching earth* sebanyak 2% dari berat minyak. Karbon yang digunakan umumnya berasal dari pembakaran kayu atau bahan lain yang mengandung C. Karbon berfungsi untuk menyerap warna, menyerap sebagian bau, mengurangi jumlah peroksida, agar mutu minyak meningkat. Sedangkan *bleaching earth* (tanah pemucat) merupakan campuran dari SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, air yang terikat oleh ion Ca<sup>2+</sup>, MgO dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, berfungsi untuk mengurangi warna, dimana ion Al<sup>3+</sup> mengadsorpsi partikel zat warna. Keuntungan arang/karbon sebagai bahan pemucat minyak, yaitu lebih efektif untuk menyerap warna dibandingkan dengan *bleaching earth*, tetapi arang memiliki kelemahan, yaitu minyak yang tertinggal dalam arang aktif jumlahnya lebih besar. Sehingga untuk meminimalkan jumlah minyak yang tertinggal dalam karbon, maka pada proses pemucatan dan penghilangan bau, pemakaian *bleaching earth* dan karbon/arang digunakan secara bersamaan. Selain itu, pada saat penyaringan, pada kertas saring disemprot dengan *n*-heksana, agar minyak yang masih tertinggal dalam karbon dapat terbawa oleh *n*-heksana, sehingga kehilangan minyak bisa dikurangi. Dari hasil pemurnian (netralisasi dan pemucatan) minyak kotor (*crude oil*) biji mahoni sebanyak 303,69 g diperoleh minyak murni sebanyak 272,53 g. Jumlah minyak mahoni sebelum sesudah pemurnian terjadi pengurangan sebesar 31,16 g, atau jika dihitung dalam persentase sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Jumlah minyak yang hilang} &= \frac{(303,69 - 272,53) \text{ g}}{303,69 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 10,26\% \end{aligned}$$

Pengurangan g minyak sebelum dan sesudah pemurnian, disebabkan oleh penghilangan komponen-komponen yang tidak diinginkan dalam minyak, seperti asam lemak bebas, getah, zat warna, dan sebagainya.

Universitas Indonesia



Gambar 4.9 Penyaringan minyak setelah pemucatan (sebelah kiri), dan evaporasi filtrat hasil penyaringan (sebelah kanan)

#### 4.5 PEMBUATAN METIL ESTER/BIODIESEL DARI MINYAK BIJI MAHONI

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi antara gliserida dan metanol dengan penambahan katalis, yang menghasilkan gliserol dan metil ester/biodiesel. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi transesterifikasi antara lain: air, asam lemak bebas, rasio molar, jenis dan konsentrasi katalis, waktu reaksi, temperatur reaksi, serta kecepatan pengadukan (Ma & Hanna, 1999). Katalis yang umum digunakan adalah asam atau basa kuat. Transesterifikasi menggunakan katalis basa berjalan lebih cepat dengan hasil konversi tinggi (>98%) dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan menggunakan katalis asam (Schuchardt dkk., 1998). Pada proses transesterifikasi, penggunaan katalis basa mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan katalis asam, diantaranya adalah :

1. Penggunaan katalis basa bisa mempercepat laju reaksi 4000 kali.
2. Memerlukan suhu lebih rendah (pada katalis asam sulfat suhu yang dibutuhkan lebih dari 100°C).

Universitas Indonesia

3. Memerlukan waktu lebih kecil (pada katalis asam waktu yang dibutuhkan sekitar 3-4 jam).

Pada penelitian ini, katalis yang digunakan adalah katalis basa KOH sebesar 1,5% dari bobot minyak. Katalis yang ditambahkan harus cukup untuk mengkatalisis reaksi dan juga bereaksi dengan asam lemak bebas. Jika kandungan asam lemak bebas terlalu tinggi (lebih dari 0,5 % - 1 %), atau jika terdapat air dalam reaksi, maka akan terbentuk sabun terlebih dahulu dan membentuk emulsi dengan metanol dan minyak, sehingga reaksi metanolisis tidak dapat terjadi. Karena itu minyak yang digunakan harus diolah sedemikian rupa untuk mengurangi jumlah asam lemak bebas. Penggunaan KOH sebesar 1,5% dari bobot minyak berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan katalis KOH berkisar 1-2% akan menghasilkan ester hingga 98,8% (Widyastuti, 2007). Tetapi sebagai catatan, bahwa penggunaan katalis basa yang semakin banyak, maka kemungkinan terjadinya sabun juga akan semakin banyak. Selain itu, pemilihan basa KOH sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni karena alasan berikut :

1. NaOH, murah, kurang reaktif, tetapi sangat higroskopis dan produk akhirnya berupa limbah.
2. KOH, agak mahal, lebih reaktif, tapi produk akhirnya dapat dipakai sebagai pupuk.

Metode paling sederhana untuk memproduksi biodiesel adalah menggunakan reaktor pengaduk tipe *batch*. Intensitas pengadukan merupakan salah satu faktor penting dalam transesterifikasi trigliserida, karena minyak dan larutan KOH-metanol tidak dapat larut (campuran heterogen). Reaktan awalnya membentuk sistem dua fasa. Reaksi dikendalikan oleh difusi di antara fasa-fasa yang berlangsung lambat. Seiring dengan terbentuknya metil ester, ia bertindak sebagai pelarut tunggal yang dipakai bersama oleh reaktan-reaktan dan sistem dengan fasa tunggal pun terbentuk. Dengan adanya pengadukan, suatu reaksi akan berjalan lebih cepat, karena kemungkinan titik temu antara kedua reaktan semakin besar. Pengadukan yang tepat akan mengurangi hambatan antar massa. Pengadukan yang relatif cepat dibutuhkan pada awal reaksi sehingga pencampuran antara minyak, alkohol dan katalis berlangsung baik. Menjelang akhir reaksi, pengadukan dapat diperlambat agar gliserol agak turun dari fase minyak.

Universitas Indonesia

Pada proses pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni ini, menggunakan waktu kurang lebih 1 jam, dengan alasan bahwa jika kurang dari 1 jam, dikhawatirkan reaksi belum sempurna, sedangkan jika lebih dari 1 jam, ester yang dihasilkan bisa berkurang, karena gliserol bebas akan bereaksi kembali dengan metil ester membentuk gliserid (reaksi transesterifikasi bersifat reversibel). Dari hasil transesterifikasi yang dilakukan oleh Boocock pada suhu  $23^{\circ}\text{C}$ , dapat menghasilkan ester hingga 98,8%. Sehingga pada penelitian ini, suhu yang digunakan adalah  $23\text{-}27^{\circ}\text{C}$  (suhu kamar).



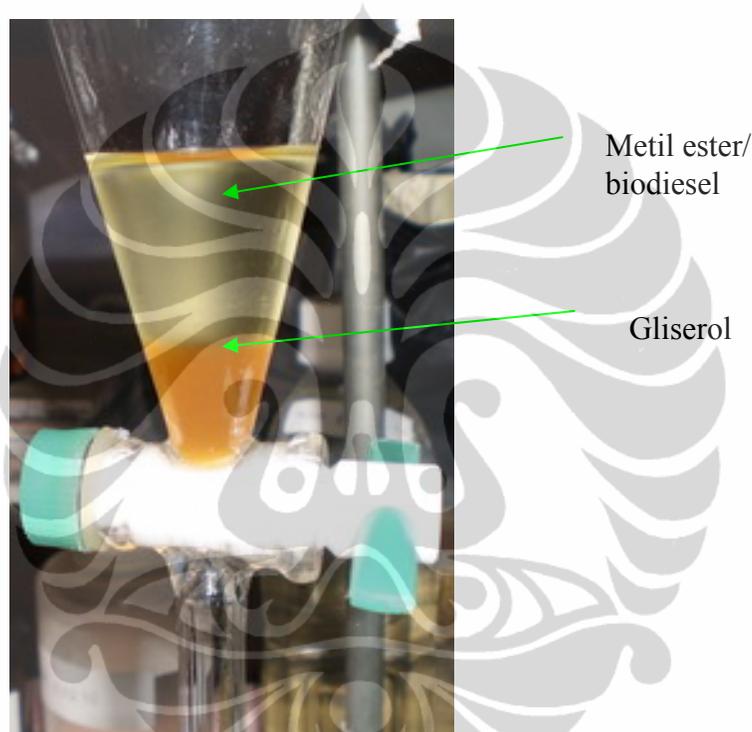
Minyak biji mahoni,  
KOH, dan metanol

Gambar 4.10 Pembuatan biodiesel (metil ester) dari minyak biji mahoni

Reaksi transesterifikasi melibatkan peruraian oleh alkohol, sehingga dibutuhkan alkohol dengan kereaktifan besar. Alkohol yang dapat digunakan untuk reaksi transesterifikasi antara lain metanol, etanol, propanol dan butanol. Dari keempat alkohol tersebut, yang paling efektif digunakan adalah metanol. Pada penelitian ini menggunakan metanol, karena metanol dapat menghasilkan biodiesel yang lebih stabil dan kurang terpengaruh oleh air yang masih terkandung dalam minyak. Sedangkan penggunaan etanol dipengaruhi oleh kandungan air dalam minyak. Secara stoikiometri, perbandingan mol minyak : mol metanol adalah  $1 : 3$ , tetapi reaksi transesterifikasi bersifat reversibel, sehingga penggunaan metanol

Universitas Indonesia

berlebih dimaksudkan agar minyak ataupun lemak yang digunakan terkonversi secara total membentuk ester/menggeser kesetimbangan ke arah produk. Selain itu juga perlu dipertimbangkan bahwa metanol mudah menguap pada suhu kamar. Pada penelitian ini perbandingan mol minyak : mol metanol adalah 1 : 9. Jika terjadi kelebihan metanol, maka metanol dapat dipisahkan dengan proses evaporasi vakum. Metanol yang diperoleh kembali ini dapat digunakan lagi untuk proses pembuatan biodiesel selanjutnya. Setelah reaksi selesai dan metanol telah dipisahkan, terbentuk dua produk utama, yaitu gliserol dan metil ester. Karena adanya perbedaan densitas, maka keduanya dapat terpisah secara gravitasi. Gliserol terbentuk pada lapisan bawah, sementara metil ester pada lapisan atas. Gliserol yang dihasilkan mengandung katalis yang tidak terpakai dan sabun.



Gambar 4.11 Pemisahan metil ester/biodiesel dengan gliserol

Setelah dipisahkan dari gliserol, metil ester/biodiesel dicuci dengan air hangat ( $70^{\circ}\text{C}$ ) untuk membuang residu katalis dan sabun, selain itu penggunaan air hangat untuk menarik lapisan air dari lapisan metil ester supaya tidak terbentuk emulsi. Selanjutnya metil ester/biodiesel yang sudah dicuci, dipanaskan dengan menggunakan penangas air pada suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ , untuk menghilangkan kandungan

airnya, kemudian dikeringkan dengan penambahan kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk mengikat air yang masih tersisa dan didiamkan beberapa saat, lalu disaring untuk memisahkan metil ester/biodiesel dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Metil ester/biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji mahoni, sekitar 93,90% .



Gambar 4.12 Dari kiri ke kanan berturut-turut : minyak biji mahoni sebelum pemurnian (minyak kasar), setelah pemurnian, biodiesel dan gliserol

#### 4.5.1 Analisis Spektrum FT-IR

Pada proses pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, terjadi perubahan dari ester gliserol dengan asam-asam lemak, menjadi ester alkil dengan asam-asam lemak. Untuk mengetahui adanya gugus fungsi ester pada minyak dan biodiesel dilakukan uji dengan FT-IR. Dari hasil pengukuran, diperoleh spektrum seperti pada lampiran 3 dan lampiran 4, diperoleh data seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tipe getaran dan pita serapan pada minyak dan biodiesel minyak biji mahoni

Tipe getaran	Pita serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Pita serapan minyak biji mahoni	Pita serapan biodiesel dari minyak biji mahoni
C – O (pada ester)	1300 - 1000	1166,93; 1219,01	1220,94
C = O (pada ester)	1750 - 1650	1735,93	1732,08
C - C	1600 - 1450	1463,93; 1436,97	1465,90
C – H ( $\text{sp}^3$ ) vibrasi stretching	3000 – 2850	2854,65; 2927,94	2854,65; 2926,01

Dua serapan yang karakteristik dalam spektrum ester adalah rentangan serapan C = O pada  $1735 \text{ cm}^{-1}$  dan C – O menghasilkan dua/lebih serapan dengan rentangan serapan  $1300 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan spektrum minyak mempunyai puncak serapan pada bilangan gelombang  $1735,93 \text{ cm}^{-1}$  (C = O), dan  $1166,93$ ;  $1219,01 \text{ cm}^{-1}$  (C – O). Pada spektrum biodiesel mempunyai puncak serapan pada bilangan gelombang  $1732,08 \text{ cm}^{-1}$  (C = O) dan  $1220,94 \text{ cm}^{-1}$  (C – O). Jadi pada minyak dari biji mahoni dan biodieselnnya mengandung gugus ester.

#### 4.6 KARAKTERISASI METIL ESTER/BIODIESEL DARI MINYAK BIJI MAHONI

Metil ester/biodiesel dari minyak biji mahoni, sebelum digunakan sebagai bahan bakar bagi kendaraan bermotor, perlu diuji mutu/kelayakan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Di Indonesia standar yang digunakan sesuai persyaratan mutu biodiesel di Indonesia (SNI-04-7182-2006), yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006. Hasil uji mutu biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Mutu biodiesel mahoni dibandingkan dengan mutu biodiesel standar SNI

Kategori	Standar SNI	Biodiesel Mahoni	Metoda
Bilangan asam (mg KOH/g)	maks 0,8	0,76	-
Bilangan iod (g/ 100 g)	maks 115	46	-
Residu karbon (% wt)	maks 0,05	0,025	ASTM D 189
Viskositas kinematik (cSt)	2,3-6,0	4,627	ASTM D 445

Universitas Indonesia

Lanjutan Tabel 4.6

Titik nyala (°C)	min 100	180	ASTM D 92
Berat jenis/density (g/mL)	0,850-0,890	0,884	ASTM D 4052
Titik tuang (°C)	maks 18	11,0	ASTM D-97
Kandungan belerang (%wt)	maks 1	0,0328	ASTM D 1551 Mod
Indeks setana	min 51	67	AOCS
Kadar abu % wt	maks 0.02	0,03	ASTM D.482

#### 4.6.1 BILANGAN ASAM

Prosedur pengujian bilangan asam dilakukan dengan titrimetri. Bilangan asam adalah banyaknya mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas di dalam 1 g sampel biodiesel. Bilangan asam pada biodiesel/metil ester dari minyak biji mahoni sebesar 0,76 mg KOH/g sampel, di bawah standar SNI yaitu maksimum 0,8. Hal ini menunjukkan bahwa, kandungan asam lemak bebas pada biodiesel cukup kecil, sehingga kemungkinan terjadinya korosi pada mesin berkurang. Jadi biodiesel dari minyak biji mahoni relatif aman terhadap mesin.

#### 4.6.2 BILANGAN PENYABUNAN

Pada hasil penelitian ini, diperoleh data bahwa bilangan penyabunan dari biodiesel minyak biji mahoni sebesar 176. Penentuan bilangan penyabunan pada biodiesel/metil ester dari minyak biji mahoni digunakan untuk menghitung indeks setana biodiesel.

#### 4.6.3 BILANGAN IOD

Bilangan iod pada biodiesel/metil ester dari minyak biji mahoni sebesar 46 g iod/100 g sampel, sedangkan standar SNI sebesar maksimum 115. Keberadaan senyawa lemak tidak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah, karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah

(Knothe, 2005), sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Namun di sisi lain, banyaknya senyawa lemak tidak jenuh di dalam biodiesel memudahkan senyawa tersebut bereaksi dengan oksigen di atmosfer dan bisa terpolimerisasi membentuk material serupa plastik (Azam dkk., 2005). Terjadinya polimerisasi ini akan menyebabkan fungsinya dengan baik. Jadi, biodiesel biji mahoni aman bagi mesin, jika ditinjau dari bilangan iod yang lebih rendah dari standar.

#### 4.6.4 INDEKS SETANA

Angka setana bahan bakar diesel menunjukkan kualitas penyalaan yang rendah, dan akan mudah menyala sendiri, sehingga detonasi (knock) di dalam mesin akan berkurang. Pada penelitian ini, penentuan angka setana tidak dilakukan, karena memerlukan volume biodiesel yang cukup banyak. Oleh karena itu, sebagai alternatif digunakan pengukuran indeks setana dengan menggunakan metode AOCS yang didasarkan pada penelitian Krisnangkura. Pada penentuan indeks setana menggunakan metode ASTM D 976, dengan memasukkan faktor titik didih pertengahan dan berat jenis adalah kurang tepat untuk minyak nabati dan ester asam lemak, karena tidak memperhatikan faktor ketidakjenuhan. Senyawa lemak dengan kandungan ikatan rangkap (*unsaturated*) yang tinggi akan mudah teroksidasi dan terpolimerisasi. Panjangnya rantai hidrokarbon yang terdapat pada ester (*fatty acid alkyl ester*, misalnya) menyebabkan tingginya angka cetane biodiesel dibandingkan dengan solar (Knothe, 2005). Azam dkk. (2005) membuat persamaan untuk menghitung angka cetane (CN) *fatty acid methyl ester*/biodiesel sebagai fungsi dari bilangan iodine (y) dan bilangan penyabunan (x) sebagai berikut (Berita Iptek) :

$$\text{Indeks setana} = 46,3 + \frac{5458}{x} - 0,225 y$$

Dimana :

x = Bilangan penyabunan

y = Bilangan iod

46,3; 5458; -0,225 merupakan suatu konstanta yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Setana} = a + \frac{b}{x} + c.y \quad [1] \quad (\text{Krisnangkura, 1986})$$

Untuk menghitung a,b dan c digunakan data pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Bilangan setana, bilangan iod dan bilangan penyabunan beberapa metil Ester

Sumber metil ester	Bilangan setana standar	Bilangan penyabunan	Bilangan iod
Minyak kelapa	62	196-202	48-56
Minyak kedelai	45	189-195	120-141
Minyak kacang	54	188-195	84-100

[Sumber : Krisnangkura, 1986]

Dari data pada Tabel 4.7, dimasukkan ke dalam persamaan [1] :

$$\text{Ester dari minyak kelapa : } 62 = a + b/199 + 52c \quad [2]$$

$$\text{Ester dari minyak kedelai : } 45 = a + b/192 + 132c \quad [3]$$

$$\text{Ester dari minyak kacang : } 54 = a + b/192 + 92c \quad [4]$$

Dengan eliminasi dan substitusi persamaan [2], [3], dan [4], maka diperoleh konstanta 46,3; 5458; -0,225 (Krisnangkura, 1986).

Pada penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni, diperoleh indeks setana biodiesel/metil ester dari minyak biji mahoni adalah 67, sedangkan standar dari SNI sebesar minimal 51. Jadi biodiesel dari minyak biji mahoni memenuhi standar SNI dan jika digunakan pada mesin, maka akan menghasilkan suara mesin yang lebih halus.

#### 4.6.5 RESIDU KARBON

Pengujian residu karbon Conradson dilakukan untuk bahan bakar yang relatif tidak mudah menguap. Adanya senyawa alkil nitrat pada bahan bakar diesel dapat meningkatkan residu karbon. Residu karbon memberikan indikasi kecenderungan pembentukan kokas dari bahan bakar. Adanya senyawa alkil nitrat pada bahan bakar diesel dapat meningkatkan residu karbon. Namun, residu karbon non-abu, hadir dalam sampel bahan bakar akan menambah nilai residu karbon. Pengujian residu karbon Conradson dilakukan untuk bahan bakar yang relatif tidak mudah menguap. Harga residu karbon pada biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar 0,025, sedangkan standar dari SNI sebesar 0,05, jadi biodiesel dari minyak biji mahoni relatif aman bagi mesin, karena tidak menyebabkan terbentuknya deposit karbon ketika proses pembakaran bahan bakar pada mesin.

#### 4.6.6 VISKOSITAS KINEMATIK

Viskositas kinematik/kecepatan alir bahan bakar melalui injektor akan mempengaruhi derajat atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Selain itu, viskositas bahan bakar juga berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara. Harga viskositas dipengaruhi oleh kemurnian metil ester. Semakin besar kandungan mono-, di- dan trigliserida dalam metil ester, akan meningkatkan viskositas metil ester. Harga Viskositas kinematik pada metil ester/biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar 4,627 mm<sup>2</sup>/detik. Harga ini memenuhi standar SNI yaitu 2,3-6,0 mm<sup>2</sup>/detik.

#### 4.6.7 TITIK NYALA (*Flash Point*)

Titik nyala adalah suhu terendah yang diperlukan suatu bahan untuk dapat membentuk uap dan menyala dengan sendirinya. Harga titik nyala menunjukkan adanya bahan yang mudah menguap dan mudah terbakar, serta kecenderungan biodiesel untuk membentuk campuran dengan udara.

Titik nyala pada biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar  $180^{\circ}\text{C}$ , sedangkan berdasarkan SNI untuk biodiesel, titik nyala biodiesel minimal  $100^{\circ}\text{C}$ . Jadi biodiesel dari minyak biji mahoni, aman disimpan dalam keadaan terbuka pada suhu ruang dan tidak memerlukan penanganan khusus.

#### **4.6.8 KANDUNGAN ABU (*Ash Content*)**

Abu yang terdapat dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak terbakar, yang tertinggal setelah proses pembakaran. Adanya kandungan abu akan menurunkan mutu bahan bakar, karena menurunkan nilai kalori dan menyebabkan keausan pada mesin. Abu dapat terbentuk apabila pada biodiesel ditambahkan sejumlah zat aditif untuk menaikkan angka setana. Kandungan abu pada biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar 0,03, sedangkan standar SNI sebesar maksimum 0,02.

#### **4.6.9 BOBOT JENIS**

Bobot jenis metil ester/biodiesel dari minyak biji mahoni, dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan dan berat molekul rata-rata asam lemak penyusunnya, karena asam-asam lemak merupakan komponen terbesar pada minyak/lemak. Dari hasil penelitian diperoleh data bahwa bobot jenis metil ester minyak biji mahoni sebesar 0,884, sedangkan standar SNI sebesar 0,850-0,890. Jadi biodiesel dari minyak biji mahoni mempunyai bobot jenis sesuai standar SNI.

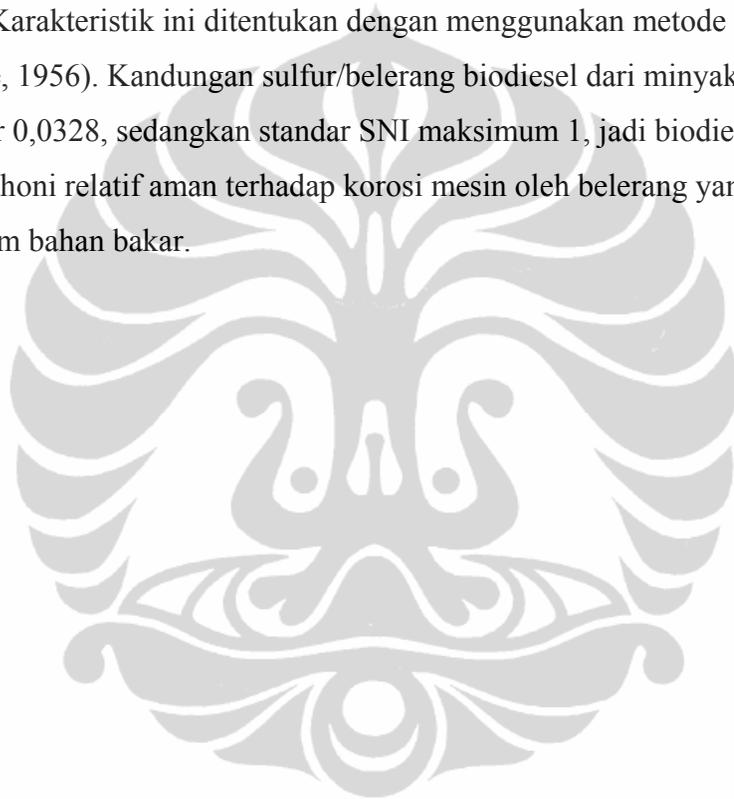
#### **4.6.10 TITIK TUANG**

Titik tuang adalah suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir. Titik tuang ini dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan (angka iodium), semakin tinggi ketidakjenuhan maka titik tuang semakin rendah. Titik tuang juga dipengaruhi oleh panjang rantai karbon, semakin panjang rantai karbon maka semakin tinggi titik tuang. Titik Tuang biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar  $11,0^{\circ}\text{C}$ , sedangkan

standar SNI maks  $18^{\circ}\text{C}$ , jadi masih memenuhi standar sebagai biodiesel yang baik.

#### 4.6.11 KANDUNGAN BELERANG

Kandungan sulfur/belerang merupakan prosentase yang menunjukkan jumlah sulfur/belerang yang terkandung dalam bahan bakar. Ketika pembakaran berlangsung, sulfur yang terkandung dalam bahan bakar juga akan ikut terbakar dan menghasilkan gas yang bersifat korosif. Sulfur yang berlebihan dalam bahan bakar diesel dapat menyebabkan terjadinya keausan pada bagian-bagian mesin. Hal ini terjadi karena adanya partikel-partikel padat yang terbentuk ketika terjadi pembakaran dan dapat juga disebabkan karena keberadaan oksida belerang seperti  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$ . Karakteristik ini ditentukan dengan menggunakan metode ASTM D1551 (Shreve, 1956). Kandungan sulfur/belerang biodiesel dari minyak biji mahoni sebesar 0,0328, sedangkan standar SNI maksimum 1, jadi biodiesel dari minyak biji mahoni relatif aman terhadap korosi mesin oleh belerang yang terkandung dalam bahan bakar.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

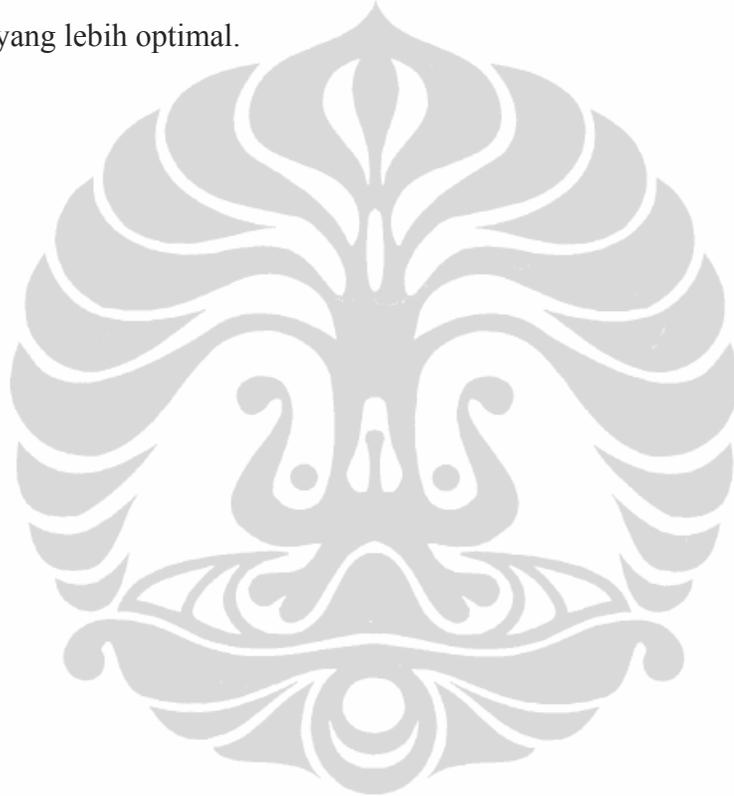
Hasil penelitian uji sifat fisiko-kimia dan pembuatan biodiesel dari minyak biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq) menyimpulkan bahwa ;

1. Minyak biji mahoni yang diperoleh dari ekstraksi dengan metode soxhletasi adalah sebesar 55,87 % dari bobot serbuk biji mahoni kering dan bewujud cair.
2. Komposisi terbesar minyak biji mahoni adalah asam lemak tidak jenuh sebesar 70,1614 %, dengan penyusun yang terbesar adalah asam oleat sebesar 36,8212 % dan asam linoleat 29,3730 %, sedangkan kandungan asam lemak jenuh sebesar 29,8385%, dan penyusun yang terbesar adalah asam palmitat sebesar 14,8470% dan asam stearat sebesar 14,8334%.
3. Minyak mahoni sebelum dan setelah pemurnian, mengalami penurunan bobot sebesar 10,26%, yang disebabkan adanya pengurangan jumlah komponen yang tidak diinginkan, seperti asam lemak bebas, zat warna, getah, dan pengotor lainnya.
4. Biodiesel dari minyak biji mahoni yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan reaktor pengaduk tipe *batch*, dan menggunakan katalis basa KOH 1,5% dari bobot minyak, pelarut metanol dengan perbandingan antara mol minyak dan pelarut metanol sebesar 1 : 9, waktu reaksi selama  $\pm 1$  jam, pada suhu 23-27<sup>0</sup>C, menghasilkan metil ester/biodiesel sebesar  $\pm 93,90\%$  dari bobot minyak biji mahoni.
5. Dari hasil uji karakteristik biodiesel yang berasal dari minyak biji mahoni, memenuhi standar SNI sebagai bahan bakar alternatif.

#### **5.2 SARAN**

Pada penelitian ini ada beberapa hasil penelitian yang bisa dikembangkan lebih lanjut, untuk meningkatkan hasil biodiesel yang lebih optimal, seperti :

1. Penggunaan metode lain pada penelitian selanjutnya untuk mengambil minyak dari biji mahoni selain metode soxhletasi.
2. Pada penelitian ini diperoleh biodiesel sebesar 93,90% dari bobot minyak, sehingga perlu dilakukan penelitian lain dengan melakukan optimasi suhu, perbandingan mol minyak biji mahoni dengan metanol, dan persentasi KOH, pada saat melakukan reaksi transesterifikasi minyak biji mahoni menjadi biodiesel, sehingga diketahui kondisi yang paling optimal untuk menghasilkan biodiesel (bisa menghasilkan konversi biodiesel lebih besar dari 93,90% dari bobot minyak).
3. Penggunaan metode lain dalam reaksi transesterifikasi selain dengan metode pengaduk tipe *batch*, seperti dengan metode ultrasonokimia pada penelitian selanjutnya, untuk membandingkan tingkat keberhasilan dalam konversi biodiesel yang lebih optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Administrator. (2007). *Biodiesel*.  
[http://www.energiterbarukan.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=42&limit=1&limitstart=1](http://www.energiterbarukan.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=42&limit=1&limitstart=1). 23 Juni 2010, pukul 12.05 WIB.
- Analisa, Analisis, Kimia, Lemak, Minyak, Pengujian*. (2008).  
<http://food4healthy.wordpress.com/2008/10/18/analisa-lemak-dan-minyak/>.  
20 Februari 2010, pukul 08.10 WIB.
- Analytical, G. (2010). *Metode Pengujian Biodiesel*. Taman analytical LLC.  
<http://www.gorgeanalytical.com/biodiesel-testing-methods.html>. 16 Juni 2010, pukul 12.00 WIB.
- Berita Iptek. *Mesin*. <http://www.kamusilmiah.com/mesin/mengenal-biodiesel-karakteristik-produksi-hingga-performansi-mesin-3/>. 14 Juni 2010, pukul 12.15 WIB.
- Anonim. <http://www.scribd.com/doc/21065508/Bilangan-Oktan-dan-Setan-pada-bahan-bakar>. 9 Agustus 2010, pukul 13.45 WIB.
- Destiana, M., Zandy, A., Nazef., & Puspasari, S. (2007). *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*. Institut Teknologi Bandung & PT. Rekayasa Industri.
- Edriana, D. (2007). *Sintesis Biodiesel (Metil Ester) dari Minyak Bintaro (Cerbera odollam Gaertn.) Hasil Ekstraksi*. Universitas Indonesia, Depok
- Haryanto, B. (2002). *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel*. Fakultas Teknik jurusan Teknik Kimia. Sumatera Utara : USU digital library.
- Hudiyono, S. (2004). *Kapita Selekta Biokimia II : Lipid*. Departemen Kimia. MIPA. UI. Depok.
- Joelianingsih, Tambunan, H.A., Nabetani, H., et al. (2006). *Perkembangan Proses Pembuatan Sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN)*. Jurnal Keteknik Pertanian.
- Jøker, D. (2001). *Informasi Singkat Benih Swietenia mahagoni (L.) Jacq.*, (IFSP Staff, Penerjemah). Maret 04, 2001. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan.
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan*. (Edisi I). Jakarta : Universitas Indonesia Press.

- Khasiat Biji Mahoni*. (2009). Agustus 09, 2009. Al-Zaytun Boarding School, Chinese, Informasi, Kesehatan.  
<http://blog.alfisatria.com/khasiat-biji-mahoni.html>. 17 Januari 2010, pukul 08.30 WIB.
- Klopfenstein, W.E. (1982). *Estimation of Cetane Index for Esters of Fatty acids*. JAOCS, vol. 59, No. 12. (Desember 1982).
- Knothe, G., Gerpen, V.J., Kralh, J. (2004). AOCs. Urbana, Illinois, USA.
- Krisnangkura, K. (1986). *A simple Method For Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Esters*. JAOCS, Vol 63, no.4 (April 1986).
- Kompas Cyber Media.(2005).  
<http://dwienergi.blogspot.com/2007/07/rahasia-biodiesel.html>. 11 Februari 2010, pukul 13.30 WIB.
- Manningara. (2006). *Sintesis Biodiesel (Metil Ester) dari Minyak Biji Karet (Hevea Brasiliensis) Hasil Ekstraksi*. Universitas Indonesia, Depok.
- Medical.(2008). <http://dr-medical.blogspot.com/2008/12/lipid.html>.  
<http://www.blogpribadi.com/2009/07/jenis-jenis-ekstraksi.html>. 5 Januari 2010, pukul 20.11 WIB.
- Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi, hingga Performansi Mesin* (3). Berita Iptek. <http://www.kamusilmiah.com/mesin/mengenal-biodiesel-karakteristik-produksi-hingga-performansi-mesin-3/>. 14 Juni 2010, pukul 12.15 WIB.
- Mey. (2009). *Minyak jarak alternative biofuel masa depan*. Februari 02, 2009, Dunia Biosains.<http://duniyabiosains.blogspot.com/>. 11 Februari 2010, pukul 14.00 WIB.
- Mulyani, E., Ratnasih, R. (2007). *Soxletasi air mengalir dari bawah ke atas melalui selang yang dipasang pada kondensor : bioprospek Cerbera odollam Gaertn. Yang diambil dari 3 lokasi sebagai bahan bakar biodiesel*. Program studi biologi, sekolah ilmu dan teknologi hayati, ITB.
- Mulyono. (2005). *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. (Cetakan pertama) Bumi Aksara.
- Panitia Teknis Perumus Rancangan Standar Nasional Indonesia Bidang Biodiesel. (2005). *Standar Syarat Mutu Biodiesel*. Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Pertambangan dan Energi.

- Pasaribu, N. (2004). *Minyak Buah Kelapa Sawit*. Jurusan Kimia , Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara : e-USU Repository © 2004.
- Peroxide Value*. (1997). Meat Research Corporation : Australian Meat Technology.
- Proses Pembuatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Alternatif 21*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Teknologi Pertanian, Propinsi Sumatera Utara. Fakultas Pertanian. USU. Medan.
- Rahayu, R. (2007). *Kajian Pengembangan Energi alternative Biodiesel dari Tanaman Jarak di Kalimantan Timur*. Bidang Ekonomi dan Pembangunan Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Kalimantan Timur.
- Rismana, E. *Minyak dari Biji Mengkudu, Teknologi Farmasi dan Medika*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi – Jakarta.  
<http://cuek.wordpress.com/2007/04/07/minyak-dari-biji-mengkudu/>.  
 6 Agustus 2010, pukul 10.10 WIB.
- Ritonga, Y. *Destilasi Asam Lemak*. Fakultas Tehnik Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara.
- Saputra, H. <http://www.kamusilmiah.com/mesin/mengenal-biodiesel-karakteristik-produksi-hingga-performansi-mesin-3/>. 14 juni 2010, pukul 12.15 WIB.
- Singh, S.P., Singh, D. (2004). *Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel*. (14 (2010) 200–216). International Journal of agriculture & Biology : India.
- Tahir, I., Yoeswono. (2009). *Optimasi Proses Transesterifikasi Minyak Sawit dengan Methanol dan Katalis KOH untuk Pembuatan Biodiesel*. Jurusan Kimia, FMIPA UGM , Pusdiklat Migas, Cepu, Jawa Tengah, Indonesia.
- Tim Departemen Teknologi Pertanian. (2005). *Proses Pembuatan Minyak Jarak sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Timotius, K.H. (2003). *Komposisi Minyak Biji Mengkudu (Morinda Citrifolia L.)*: (Vol. XIV, No. 3). Jurnal Teknologi dan Industri Pangan.
- Toledo, M. (1984). *Iodine Value of Edible Oils and Fats According to Wijs*. AOAC Official Methods of Analysis. Chapter 28.023.

Widyastuti, L. (2007). *Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan bakar Pengganti minyak Diesel Dengan Menggunakan Katalis KOH*. Jurusan Kimia Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Widyawati, Y. (2007). *Disain Proses Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi (Estrans) Pada Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Jarak pagar (Jatropha curcas.L)*. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Winarno, F.G. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT Gramedia Utama

Zamora, A. (2005). *Scientific Psychic*.

[http://lipidlibrary.aocs.org/Lipids/fa\\_eic.html](http://lipidlibrary.aocs.org/Lipids/fa_eic.html). 2 April 2010, pukul 11.11

WIB.



Universitas Indonesia

Lampiran 1. Laporan hasil uji komposisi asam lemak penyusun trigliserida pada minyak biji mahoni dari BBIA



**Kepada :**  
To  
SULASTRI  
UNIVERSITAS INDONESIA - FMIPA  
Program Studi Magister Ilmu Kimia  
Kampus UI - Depok.

**LAPORAN HASIL UJI**  
*TEST REPORT*

**Balasan surat/  
Permintaan tanggal :**  
*Reply to your letter/  
request dated*

**Nomor / Number** : 4640/LHU/Bd/ABICAL.1/VI/2010  
**Nomor Analisis  
Analysis Number** : 4300  
**Nomor Seri  
Serial Number** : 4640  
**Halaman** : 1 **dari / of** 2  
**Tanggal penerbitan  
date of issue** : 17 Mei 2010

**Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian**  
*The undersigned artis that the testing of*

**Contoh** : Minyak Mahoni  
*Sample (s)*

**Untuk analisis** : Kimia  
*for analysis*

**Keterangan contoh** : Dikemas dalam botol  
*Description of sample*

**Diambil dari** : -  
*Taken from*

**Oleh** : -  
*by*

**Tanggal penerimaan contoh** : 20 April 2010  
*Date of sample*

**Tanggal pelaksanaan analisis** : 20 April 2010  
*Date of analysis*

**Pengambilan contoh** : -  
*Sampling*

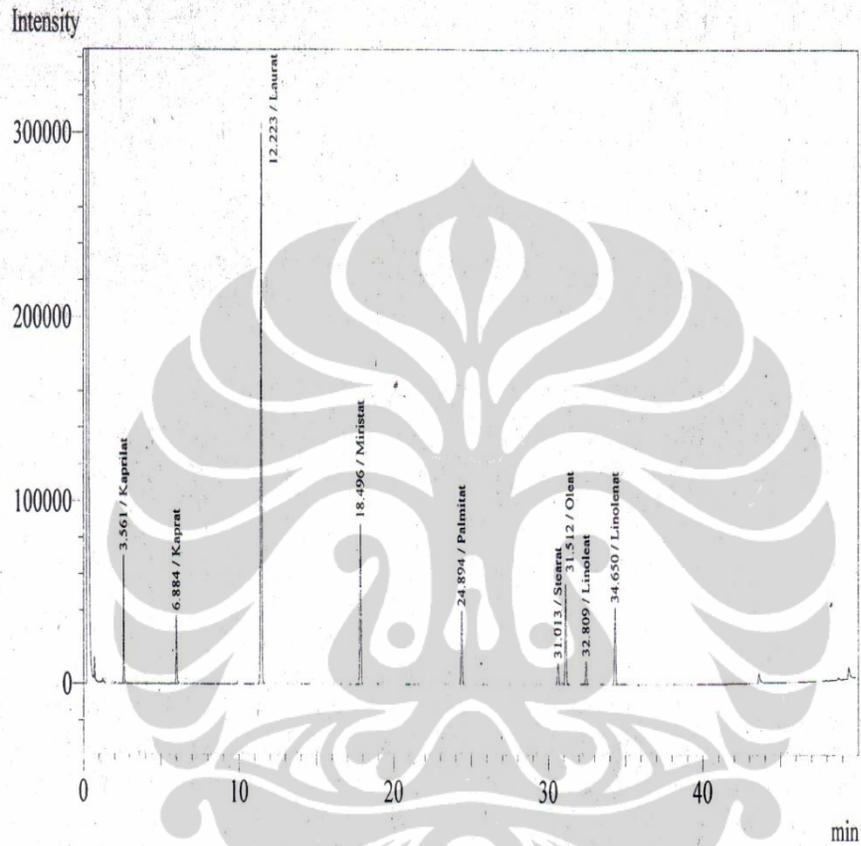
**adalah sebagai berikut** :  
*The result to as follows*  
FAD.04a

HASIL PENGUJIAN INI TIDAK UNTUK DIGANDAKAN  
DAN HANYA BERLAKU UNTUK CONTOH-CONTOH  
TERSEBUT DIATAS.  
PENGAMBILAN CONTOH BERTANGGUNG JAWAB  
ATAS KEBENARAN TANDING BARANG.

Universitas Indonesia

(lanjutan)

Analysis Date & Time : 1/1/2002 12:40:55 AM  
 User Name : Agus Gimajar S  
 Sample Name : Std Asam Lemak 07052010  
 Sample ID : Std Asam Lemak 07052010  
 Sample Type : Standar Asam Lemak  
 Injection Volume : 1 uL  
 Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\Std Asam Lemak 07052010.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\ASAM LEMAK.gcm

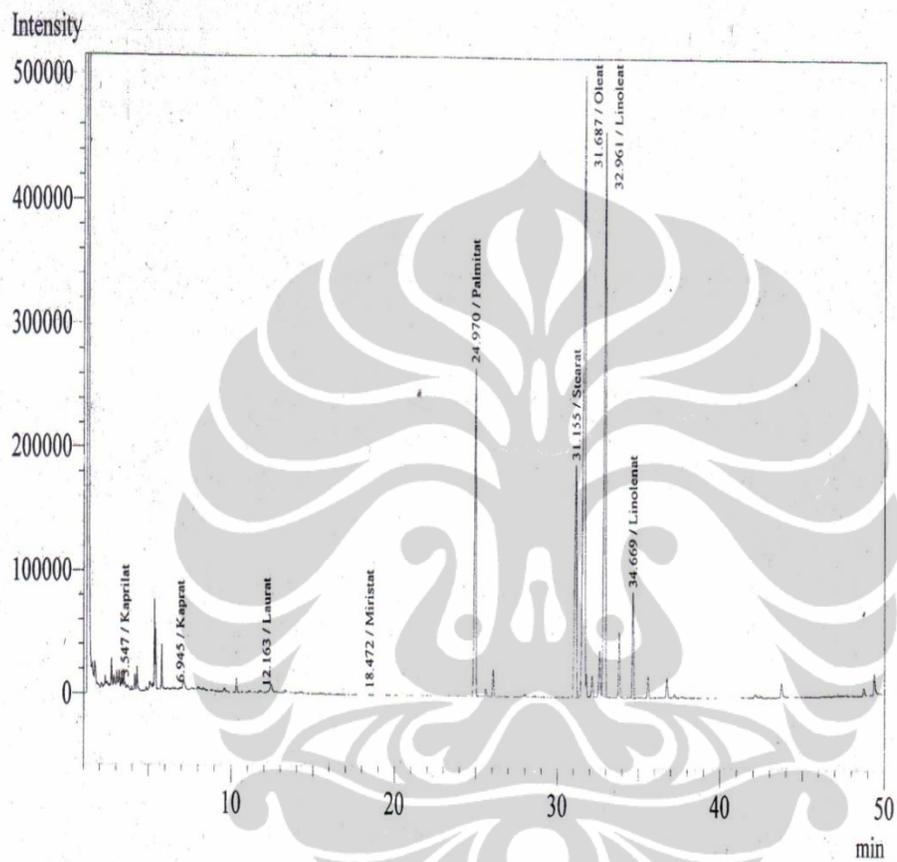


Peak#	Cmpd Name	Ret. Time	Area	Area%	Height
1	Kaprilat	3.561	191929	6.2339	69650
2	Kaprat	6.884	145878	4.7381	37299
3	Laurat	12.223	1476065	47.9429	304957
4	Miristat	18.496	443479	14.4043	87479
5	Palmitat	24.894	203954	6.6245	39845
6	Stearat	31.013	64779	2.1040	11798
7	Oleat	31.512	278759	9.0542	54841
8	Linoleat	32.809	65158	2.1163	12620
9	Linolenat	34.650	208797	6.7818	41760
Total			3078798	100.0000	660249

Universitas Indonesia

(lanjutan)

Analysis Date & Time : 1/1/2002 1:39:04 AM  
 User Name : Agus Ginanjar S  
 Sample Name : Asam Lemak 4300 07052010  
 Sample ID : Asam Lemak 4300 07052010  
 Sample Type : Minyak Mahoni  
 Injection Volume : 1 uL  
 Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\Asam Lemak 4300 07052010.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\ASAM LEMAK.gcm



Peak#	Cmpd Name	Ret.Time	Area	Area%	Height
1	Kaprilat	3.547	5999	0.0558	2650
2	Kaprat	6.945	6821	0.0634	834
3	Laurat	12.163	1147	0.0107	232
4	Miristat	18.472	3032	0.0282	702
5	Palmitat	24.970	1596306	14.8470	266518
6	Stearat	31.155	1594845	14.8334	187792
7	Oleat	31.687	3958904	36.8212	493096
8	Linoleat	32.961	3158101	29.3730	455234
9	Linolenat	34.669	426543	3.9672	85189
Total			10751698	100.0000	1492247

Universitas Indonesia

## Lampiran 2. Hasil uji karakterisasi biodiesel dari minyak biji mahoni

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI "LEMIGAS"

**LEMIGAS**

LABORATORIUM PPPTMGB "LEMIGAS"

JL. CILEDUG RAYA-CIPULIR-KEBAYORAN LAMA-JAKARTA SELATAN 12230-INDONESIA

PO. BOX 1089UJKT, JAKARTA 10010, INDONESIA PHONE: 7394332 (direct line), 7394422 ext. 1475, 1489, 1499, 1415 TELEX: 47150, 47171 FAX: 021-7246150

**LAPORAN HASIL UJI LABORATORIUM  
REPORT OF LABORATORY TEST RESULT**

No. Arsip/Archive Number : 813A/13/LHU/2010 Satuan Kerja : Lab. Pelumas  
 Nomor PK/Work Order Number : 813A/13/PK/2010 Kelompok/Group : Pelumas

**DISIAPKAN UNTUK PELANGGAN/PREPARED FOR CUSTOMER:**

Nama/Name : Sulastri dan Rosita Dewi (Mahasiswa Pascasarjana UI)  
 Alamat/Address : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Indonesia  
 Nomor Telepon/Phone No(s) : 021-78888880  
 Nomor Facsimile/Fax. No(s) : \_\_\_\_\_  
 Nomor Surat Permintaan/No. of service/Work Order Letter : 038/H2.F3.10.1/PDP.04.02 Tesis/Desertasi/2010  
 Tanggal Permintaan/Date of Order : 27 Mei 2010

**IDENTIFIKASI LAPORAN HASIL UJI/REPORT IDENTIFICATION:**

Lokasi Pengujian/Place Of Testing : Laboratorium Pelumas  
 Nomor Laporan (LHU)/Report Number : \_\_\_\_\_  
 Disiapkan oleh/Prepared by : Pengelola Laboratorium F/K Pelumas Otomotif  
 Disahkan oleh/Authorized by : Ketua Kelompok Pelumas  
 Tanggal Penerbitan/Date of Issued : 2 Juni 2010

**DATA PERCONTOH/SAMPLE DATA:**

Nomor/Number : P-01/8.2.1/5/2010 dan P-02/8.2.1/2010  
 Jenis/Type : Minyak Nabati  
 Identifikasi/Identification : Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni dan Biodiesel dari Minyak Pongamia Pinnata  
 Jumlah/Quantity (volume) : 1 (satu) botol  
 Tanggal Sampling/Sampling Date : 27 Mei 2010  
 PPC/Sampler : \_\_\_\_\_  
 Metode Sampling/Sampling Method : \_\_\_\_\_  
 Tanggal Diterima/Received Date : 27 Mei 2010  
 Tanggal Analisis/Date of Analysis : 31 Mei 2010  
 Jenis Pengujian/Test Type : Visk. Kin, Flash Point, Ash Content, CCR, Sulfur Content, Density, Pour Point  
 Metode Uji/Test Method : ASTM D 445, ASTM D 92, ASTM D 874, ASTM D 189

**LAPORAN HASIL UJI selengkapnya disajikan pada halaman berikut:***The detailed report of the laboratory testing result is presented on the following pages.*

Disahkan Oleh/Authorized by  
 Ketua Kelompok Pelumas



(Ir. Subiyanto)  
 Tanggal/Date 11 Juni 2010

*Semua rekaman, data, laporan, dan informasi lainnya yang dilakukan pada analisa laboratorium akan dijaga kerahasiannya. Menggandakan sebagian atau keseluruhan laporan hanya bisa dilakukan dengan ijin tertulis dari perusahaan.  
 All records, data, reports, and other information conducted in the laboratory analysis shall be treated as confidential. Copy of part or hole of the report.*

No. Form	:	F. 10. IKK. 05-A
No. Revisi	:	II.0
Halaman	:	1 dari 1

Universitas Indonesia

(lanjutan)

## LAPORAN HASIL UJI

Tanggal : 11 Juni 2010  
 Nomer Sample : P-01  
 Identitas : Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni  
 Asal sample : Sulastri (Mahasiswa UI)

No.	Parameter	Metode Uji	Unit	Hasil
1.	Viskositas Kinematik pada 40°C	ASTM D 445	cSt	4.627
2.	Flash Point	ASTM D 92	°C	180
3.	Conradson Carbon Residu (CCR)	ASTM D 189	% wt	0.025
4.	Ash Content	ASTM D 874	% wt	0.003
5.	Pour point	ASTM D 97	°C	11.00
6.	Density	ASTM D 4052	g/cm <sup>3</sup>	0.8836
7.	Sulfur content	ASTM D 1551 Mod	% wt	0.0328

Manajer Teknik Pelumas



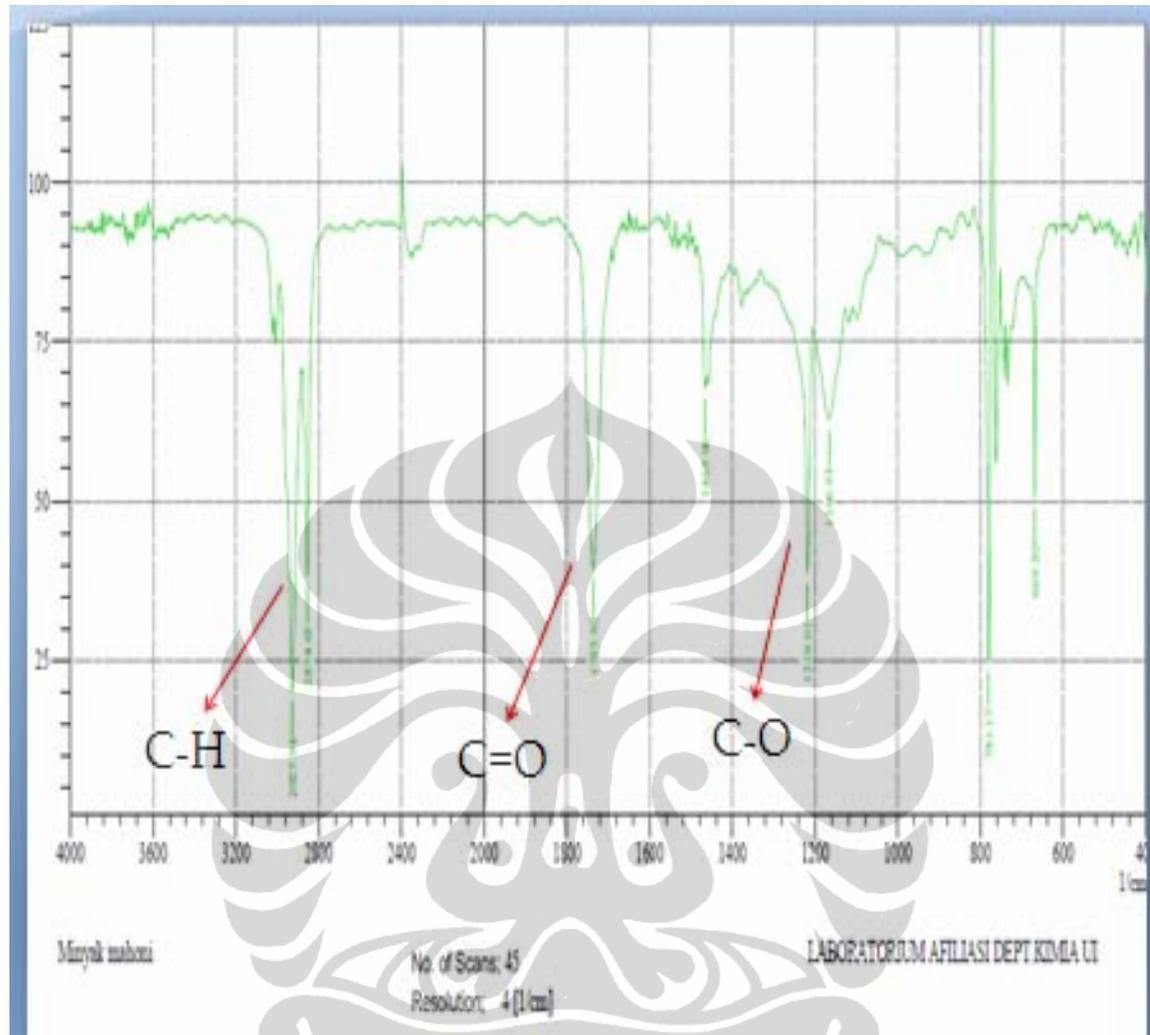
Ir. Subiyanto

**Catatan:**

Laporan ini tidak untuk di publikasikan

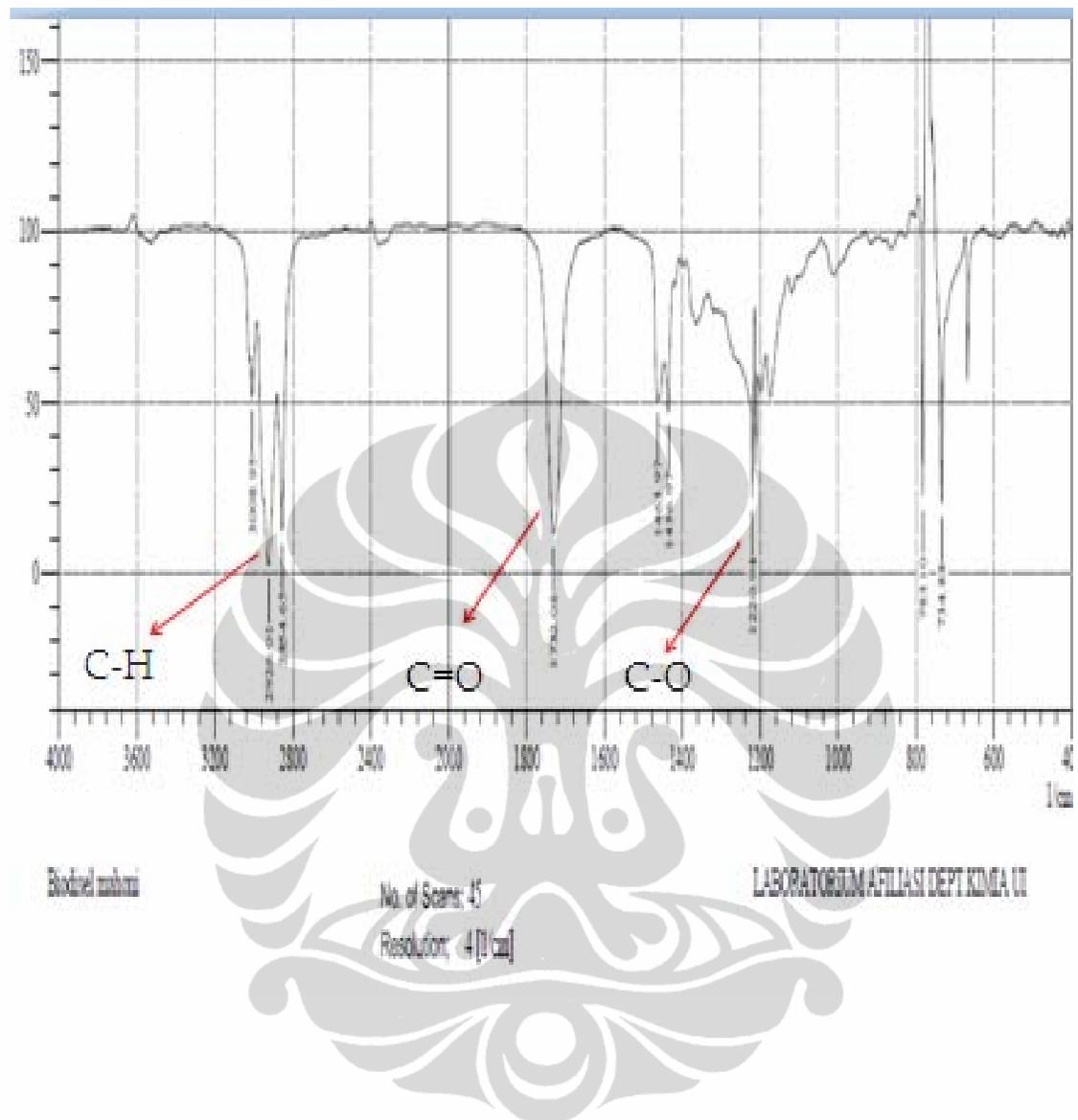
Universitas Indonesia

Lampiran 3. Spektrum FT-IR minyak biji mahoni



Universitas Indonesia

Lampiran 4 Spektrum FT-IR biodiesel dari minyak biji mahoni



Universitas Indonesia

Lampiran 5. Hasil ekstraksi minyak biji mahoni, pengukuran berat jenis minyak biji mahoni, sebelum dan sesudah pemurnian.

### I. Ekstraksi minyak biji mahoni

No	Berat serbuk biji mahoni (g)	Berat minyak kasar (g)
1	229,74	120,50
2	80,76	45,45
3	315,29	181,15
4	157,53	64,49
5	71,67	34,12
6	243,90	134,88
7	165,14	100,31
Total	1264,03	680,90

Randemen minyak biji mahoni dari serbuk biji mahoni :

$$\begin{aligned} \text{Randemen} &= \frac{\text{Berat minyak}}{\text{Berat serbuk}} \times 100\% \\ &= \frac{680,90}{1264,03} \times 100\% \\ &= 55,87\% \end{aligned}$$

### II. Pengukuran bobot jenis minyak biji mahoni kasar (sebelum pemurnian)

Hasil pengukuran berat air dukur pada suhu 25<sup>0</sup>C

No	Berat Piktometer Kosong (g)	Berat piktometer dan air (g)	Berat air (g)
1	16,0437	27,1476	11,1006
2	16,0465	27,1392	11,0931
3	16,0481	27,1374	11,0913
Total berat air			33,285

$$\text{Berat air pada suhu } 25^{\circ}\text{C rata-rata} = \frac{33,285}{3} = 11,095 \text{ g}$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

Hasil pengukuran berat minyak diukur pada suhu 25<sup>0</sup>C

No	Berat piknometer dan minyak (g)	Berat minyak biji mahoni (g)
1	26,3008	10,2598
2	26,2902	10,2441
3	26,3035	10,2574

Bobot jenis minyak biji mahoni =  $\frac{\text{Berat minyak pada suhu } 25^{\circ}\text{C}}{\text{Berat air pada suhu } 25^{\circ}\text{C}}$

$$\text{Data 1. Bobot jenis} = \frac{10,2598}{11,095} = 0,9247$$

$$\text{Data 2. Bobot jenis} = \frac{10,2441}{11,095} = 0,9233$$

$$\text{Data 3. Bobot jenis} = \frac{10,2574}{11,095} = 0,9245$$

Minyak kasar/sebelum pemurnian

$$\text{Bobot jenis rata-rata} = \frac{2,7716}{3} = 0,9234$$

### III. Minyak biji mahoni (setelah pemurnian)

Hasil pengukuran berat minyak diukur pada suhu 25<sup>0</sup>C

No	Berat Piknometer dan minyak (g)	Berat piknometer kosong (g)	Berat minyak biji mahoni (g)
1	26,2005	16,0419	10,1586
2	26,2130	16,0415	10,1715
3	26,2050	16,0417	10,1633

$$\text{Data 1. Bobot jenis} = \frac{10,1586}{11,095} = 0,9156$$

$$\text{Data 2. Bobot jenis} = \frac{10,1725}{11,095} = 0,9168$$

$$\text{Data 3. Bobot jenis} = \frac{10,1633}{11,095} = 0,9160$$

Minyak setelah pemurnian

$$\text{Bobot jenis rata-rata} = \frac{2,7484}{3} = 0,9161$$

Universitas Indonesia

Lampiran 6. Pengukuran indeks bias minyak biji mahoni pada suhu 25<sup>0</sup>C sebelum dan sesudah pemurnian

### I. Minyak biji mahoni sebelum pemurnian

Hasil pengukuran indeks bias minyak biji mahoni pada suhu 25<sup>0</sup>C

Indeks bias air pada suhu 25<sup>0</sup>C = 1,330

No	Indeks Bias Minyak Biji Mahoni
1	1,46850
2	1,46851
3	1,46849
Jumlah	= 4,4055

Rata-rata indeks bias minyak biji mahoni sebelum pemurnian pada suhu 25<sup>0</sup>C = 1,4685

### II. Minyak biji mahoni setelah pemurnian

Hasil pengukuran indeks bias minyak biji mahoni pada suhu 25<sup>0</sup>C

No	Indeks bias minyak biji mahoni
1	1,4630
2	1,4620
3	1,4625
Jumlah	= 4,3875

Rata-rata indeks bias minyak biji mahoni setelah pemurnian pada suhu 25<sup>0</sup>C = 1,4625

Lampiran 7. Pengukuran bilangan asam minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian

**Standarisasi KOH dengan menggunakan larutan baku KHP 0,1 M (KH-Phtalin) dan indikator PP (Phenol Phtalein)**

Data Titration larutan KOH

No	Volume KHP (mL)	Volume KOH (mL)
1	10	11,30
2	10	11,45
3	10	11,50

Normalitas KHP = Molaritas KOH

Normalitas KOH = Molaritas KOH

$$\text{Volume KOH rata-rata} = \frac{(11,30 + 11,45 + 11,50) \text{ mL}}{3} = 11,47 \text{ mL}$$

$$M_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} = M_{\text{KHP}} \cdot V_{\text{KHP}}$$

$$M_{\text{KOH}} \cdot 11,4667 = 0,1 \cdot 10$$

$$M_{\text{KOH}} = \frac{1}{11,47} = 0,09 \text{ M}$$

Normalitas KOH = 0,09 N

**I. Data pengukuran bilangan asam sebelum pemurnian**

No	Berat minyak (g)	Volume KOH (mL)
1	1,0106	3,05
2	1,0168	3,05
3	1,0134	3,10

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V_s \times N \times 56}{G}$$

$$\text{Bilangan asam dari data 1} = \frac{3,05 \times 0,09 \times 56,107}{1,0168} = 15,15$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

$$\text{Bilangan asam dari data 2} = \frac{3,05 \times 0,09 \times 56,107}{1,0106} = 15,24$$

$$\text{Bilangan asam dari data 3} = \frac{3,10 \times 0,09 \times 56,107}{1,0134} = 15,45$$

$$\text{Bilangan asam rata-rata} = \frac{15,15 + 15,24 + 15,45}{3} = 15,28$$

## II. Data pengukuran bilangan asam setelah pemurnian

No	Berat minyak (g)	Volume KOH (mL)
1	1,13	0,33
2	1,05	0,34

Catatan : Minyak biji mahoni + etanol 95% (mL) + indikator PP menghasilkan campuran yang tidak berwarna, kemudian dititrasi dengan larutan KOH hingga campuran berwarna merah muda.

$$\text{Bilangan asam dari data 1} = \frac{0,33 \times 0,09 \times 56,107}{1,13} = 1,48$$

$$\text{Bilangan asam dari data 2} = \frac{0,34 \times 0,09 \times 56,107}{1,05} = 1,64$$

$$\text{Bilangan asam rata-rata} = 1,56$$

Lampiran 8. Pengukuran bilangan iod minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian

**Standarisasi larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dengan menggunakan larutan baku  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan indikator amilum**

No	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)
1	5,47
2	5,55
3	5,65
V	= 5,647

Catatan :

Berat  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 3 \text{ g}$

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Berat } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (g)}}{10/100 \times V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 49}$$

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{3 \text{ g}}{10/100 \times V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 49} = 0,108 \text{ N}$$

**Data titrasi pada blanko pada minyak biji mahoni sebelum pemurnian**

No	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)
1	19,525
2	17,850
3	18,100
V rata-rata = 18,492	

**Data penentuan bilangan iod minyak biji mahoni sebelum pemurnian**

No	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Berat minyak (g)
1	0,65	0,5093
2	0,73	0,5118
3	0,85	0,5072

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

$$\text{Bilangan iod dari data 1} = \frac{(18,492 - 0,65) \times 0,108 \times 12,69}{0,509} = 48,013$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

$$\text{Bilangan iod dari data 1} = \frac{(18,492 - 0,73) \times 0,108 \times 12,69}{0,5118} = 47,564$$

$$\text{Bilangan iod dari data 1} = \frac{(18,492 - 0,85) \times 0,108 \times 12,69}{0,5072} = 47,671$$

$$\text{Bilangan iod rata-rata} = 47,7$$

#### Data titrasi pada blanko pada minyak setelah pemurnian

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)
1	17,950
2	18,050
3	17,850
V rata-rata = 17,950	

#### Data penentuan bilangan iod minyak biji mahoni setelah pemurnian

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Berat minyak (g)
1	0,70	0,5082
2	0,65	0,5022
3	0,60	0,5052

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

$$\text{Bilangan iod dari data 1} = \frac{(17,950 - 0,70) \times 0,108 \times 12,69}{0,5082} = 46,5$$

$$\text{Bilangan iod dari data 2} = \frac{(17,950 - 0,65) \times 0,108 \times 12,69}{0,5052} = 47,2$$

$$\text{Bilangan iod dari data 3} = \frac{(17,950 - 0,60) \times 0,108 \times 12,69}{0,5052} = 47,1$$

$$\text{Bilangan iod rata-rata} = 46,9$$

Universitas Indonesia

Lampiran 9. Penentuan bilangan peroksida minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian

**Data penentuan bilangan peroksida minyak biji mahoni sebelum pemurnian**

**Data titrasi blanko**

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)
1	0,05
2	0,10
3	0,05
Volume rata-rata = 0,067	

**Titrasi minyak sebelum pemurnian**

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Berat minyak (g)
1	0,12	1,0187
2	0,10	0,9992
3	0,10	1,0133

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{(a - b) \times N \times 8 \times 100}{G}$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 1} = \frac{(0,12 - 0,067) \times 0,108 \times 8 \times 100}{1,0187} = 4,495$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 2} = \frac{(0,10 - 0,067) \times 0,108 \times 8 \times 100}{0,9992} = 2,853$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 3} = \frac{(0,10 - 0,067) \times 0,108 \times 8 \times 100}{1,0133} = 2,814$$

$$\text{Bilangan peroksida rata-rata} = 3,39$$

(lanjutan)

**Data penentuan bilangan peroksida minyak biji mahoni setelah pemurnian****Data titrasi blanko**

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)
1	0,14
2	0,15
3	0,15
Volume rata-rata = 0,147	

**Titration minyak setelah pemurnian**

No	Volume Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Berat minyak (g)
1	0,16	1,0085
2	0,16	1,0087
3	0,16	1,0167

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{(a - b) \times N \times 8 \times 100}{G}$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 1} = \frac{(0,16 - 0,147) \times 0,108 \times 8 \times 100}{1,0085} = 1,11$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 1} = \frac{(0,16 - 0,147) \times 0,108 \times 8 \times 100}{1,0087} = 1,11$$

$$\text{Bilangan peroksida dari data 1} = \frac{(0,16 - 0,147) \times 0,108 \times 8 \times 100}{1,0167} = 1,10$$

Bilangan peroksida rata-rata = 1,11

Lampiran 10. Penentuan bilangan penyabunan dan materi tidak tersabunkan minyak biji mahoni sebelum maupun sesudah pemurnian

**Data standarisasi larutan HCl dengan menggunakan larutan baku larutan natrium boraks dan indikator MO**

No	Volume HCl (mL)	Volume natrium boraks (mL)
1	2,55	10
2	2,55	10
3	2,55	10
Volume HCl rata-rata = 2,55		

$$M \text{ natrium boraks} = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{v} = \frac{2,51}{381,44} \times \frac{1000}{100} = 0,07 \text{ M}$$

$$M_{\text{HCl}} = \frac{2 \times \text{Volume boraks} \times M \text{ boraks}}{\text{Volume HCl}}$$

$$M_{\text{HCl}} = \frac{2 \times 10 \times 0,07}{2,55} = 0,54$$

**Data titrasi blanko untuk minyak sebelum pemurnian**

No	Volume HCl (mL)
1	20,05
2	20,05
3	20,05
Volume HCl rata-rata = 20,05	

**Data penentuan bilangan penyabunan minyak sebelum pemurnian**

No	Berat minyak (g)	Volume HCl (mL)
1	2,0087	7,25
2	1,9886	6,95
3	1,9693	7,30

Universitas Indonesia

(lanjutan)

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(A - B) \times N_{\text{HCl}} \times 56,1}{W}$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 1} = \frac{(20,05 - 7,25) \times 0,54 \times 56,1}{2,0087} = 193,0$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 2} = \frac{(20,05 - 6,95) \times 0,54 \times 56,1}{1,9886} = 199,6$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 3} = \frac{(20,05 - 7,30) \times 0,54 \times 56,1}{1,9693} = 196,1$$

$$\text{Bilangan penyabunan rata-rata} = 196,2$$

**Data standarisasi larutan larutan HCl dengan menggunakan larutan baku larutan natrium boraks dan indikator MO**

No	Volume HCl (mL)	Volume natrium boraks (mL)
1	2,65	10
2	2,60	10
3	2,70	10
Volume HCl rata-rata = 2,65		

$$M \text{ natrium boraks} = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{v} = \frac{2,51}{381,44} \times \frac{1000}{100} = 0,07 \text{ M}$$

$$M_{\text{HCl}} = \frac{2 \times \text{Volume boraks} \times M \text{ boraks}}{\text{Volume HCl}}$$

$$M_{\text{HCl}} = \frac{2 \times 10 \times 0,07}{2,65} = 0,53$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

**Data titrasi blanko untuk minyak setelah pemurnian**

No	Volume HCl (mL)
1	13,65
2	13,70
3	13,70
Volume HCl rata-rata = 13,68	

**Data penentuan bilangan penyabunan minyak setelah pemurnian**

No	Berat minyak (g)	Volume HCl (mL)
1	2,0197	0,85
2	1,9902	0,95
3	2,0116	0,90

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(A - B) \times N_{\text{HCl}} \times 56,1}{W}$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 1} = \frac{(13,68 - 0,85) \times 0,53 \times 56,1}{2,0197} = 188,9$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 2} = \frac{(13,68 - 0,95) \times 0,53 \times 56,1}{1,9902} = 191,3$$

$$\text{Bilangan penyabunan dari data 3} = \frac{(13,68 - 0,90) \times 0,53 \times 56,1}{2,0116} = 188,9$$

$$\text{Bilangan penyabunan rata-rata} = 189,7$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

**Penentuan materi tidak tersabunkan minyak biji mahoni sebelum dan sesudah pemurnian**

**Standarisasi larutan KOH dengan menggunakan larutan baku KHP 0,02 N dan indikator PP 1%**

No	Volume KOH (mL)	Volume KHP (mL)
1	10,55	10
2	10,50	10
3	10,45	10
Volume rata-rata = 10,50		

$$M_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} = M_{\text{KHP}} \cdot V_{\text{KHP}}$$

$$M_{\text{KOH}} \cdot 10,50 = 0,02 \cdot 10$$

$$M_{\text{KOH}} = 0,02 \text{ molar}$$

**Data penentuan materi tidak tersabunkan sebelum pemurnian**

No	Berat minyak (g)	Berat residu (g)	Volume KOH (mL)
1	2,0154	0,3498	1,55
2	1,9851	0,2384	0,85
3	2,0031	0,2852	1,50

$$\text{Materi tidak tersabunkan} = \frac{\text{BR} - \text{BA}}{\text{G}} \times 100\%$$

$$\text{BA dari data 1} = 1,55 \times 0,02 \times 0,056 = 0,002$$

$$\text{BA dari data 2} = 0,85 \times 0,02 \times 0,056 = 0,001$$

$$\text{BA dari data 3} = 1,50 \times 0,02 \times 0,056 = 0,002$$

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 1} = \frac{0,3498 - 0,002}{2,0154} \times 100\% = 17,26\%$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 2} = \frac{0,2384 - 0,00166}{1,9851} \times 100\% = 11,96\%$$

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 3} = \frac{0,2852 - 0,00166}{2,0031} \times 100\% = 14,14\%$$

Materi tidak tersabunkan rata-rata = 14,45%

#### Data penentuan materi tidak tersabunkan setelah pemurnian

No	Berat minyak (g)	Berat residu (g)	Volume KOH (mL)
1	2,0010	0,176	3,6
2	1,9918	0,207	3,5
3	2,0187	0,2852	4,0

$$\text{BA dari data 1} = 3,6 \times 0,02 \times 0,56 = 0,04$$

$$\text{BA dari data 2} = 3,5 \times 0,02 \times 0,56 = 0,04$$

$$\text{BA dari data 3} = 4,0 \times 0,018 \times 0,56 = 0,04$$

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 1} = \frac{0,176 - 0,04}{2,0010} \times 100\% = 6,80\%$$

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 2} = \frac{0,207 - 0,04}{1,9918} \times 100\% = 8,38\%$$

$$\text{Materi tidak tersabunkan dari data 3} = \frac{0,194 - 0,04}{2,0187} \times 100\% = 7,63\%$$

Materi tidak tersabunkan rata-rata = 7,60%

Universitas Indonesia

Lampiran 11. Perhitungan komposisi minyak biji mahoni dengan metanol dan KOH dalam sintesis metil ester (biodiesel)

1. Katalis yang digunakan adalah KOH dengan 0,5% berat minyak biji mahoni.
2. Perbandingan mol minyak dan metanol = 1 : 9.
3. Massa molekul relatif metanol = 32 g/mol
4. Berat jenis metanol = 0,79 g/mol

Di dalam minyak, yang bereaksi dengan metanol adalah trigliserida.

Massa molekul relatif dari trigliserida rata-rata diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Massa molekul relatif trigliserida} = \text{Mr. gliserol} + (3 \times \text{Mr. asam lemak}) - (3 \times \text{Mr. air})$$

Mr. Asam lemak biji mahoni dihitung berdasarkan komposisi asam lemak penyusun trigliseridanya:

Asam lemak	Mr. Asam lemak	Komposisi (%)	Mr. x komposisi
Kaprilat (C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	144	0,0558	0,080352
Kaprat (C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> )	172	0,0634	0,109048
Laurat (C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> )	200	0,0107	0,021400
Miristat (C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub> )	228	0,0282	0,064296
Palmitat (C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	256	14,8470	38,00832
Stearat (C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> )	284	14,8334	42,126856
Oleat (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> )	282	36,8212	103,835784
Linoleat (C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	280	29,3730	82,2444
Linolenat (C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> )	270	3,9672	10,71144
Jumlah			277,201896

$$\text{Mr. gliserol (C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 92$$

$$\begin{aligned} \text{Mr. trigliserida} &= 92 + (3 \times 277,201896) - (3 \times 18) \\ &= 869,6 \end{aligned}$$

**Perhitungan mol minyak biji mahoni yang ditransesterifikasi**

Data 1. Berat minyak = 100,11 g

$$\text{Mol minyak} = \frac{100,11}{869,6} = 0,115 \text{ mol}$$

Universitas Indonesia

(lanjutan)

Data 2. Berat minyak = 44,55 g

$$\text{Mol minyak} = \frac{44,55}{869,6} = 0,051 \text{ mol}$$

Data 3. Berat minyak = 101,34 g

$$\text{Mol minyak} = \frac{101,34}{869,6} = 0,116 \text{ mol}$$

Menghitung massa molekul relatif metil ester dari minyak biji mahoni.

$$\begin{aligned} \text{Mr. Biodiesel} &= (3 \times \text{Mr. Asam lemak}) + (3 \times \text{metil}) \\ &= (3 \times 277,201896) + (3 \times 14) = 873,6 \end{aligned}$$

#### Perhitungan mol metil ester hasil reaksi transesterifikasi

1. Mol minyak = 0,115 mol , berat metil ester yang dihasilkan 90,24 g

$$\text{Mol metil ester} = \frac{90,24}{873,6} = 0,1033 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi metil ester} = \frac{0,1033 \text{ mol}}{0,115 \text{ mol}} \times 100\% = 89,8 \%$$

2. Mol minyak = 0,051 mol , berat metil ester yang dihasilkan 41,05 g

$$\text{Mol metil ester} = \frac{41,05}{873,6} = 0,047 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi metil ester} = \frac{0,047 \text{ mol}}{0,051 \text{ mol}} \times 100\% = 92,16 \%$$

3. Mol minyak = 0,116 mol , berat metil ester yang dihasilkan 95,16 g

$$\text{Mol metil ester} = \frac{95,16}{873,6} = 0,1089 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi metil ester} = \frac{0,1089 \text{ mol}}{0,116 \text{ mol}} \times 100\% = 93,9 \%$$

Universitas Indonesia

## Lampiran 12. Penentuan bilangan asam biodiesel

**Data standarisasi KOH**

No	V KHP (mL)	V KOH (mL)
1	10	10,40
2	10	10,45
3	10	10,50
		V Rata-rata = 10,45

$$V_{\text{KHP}} \cdot M_{\text{KHP}} = V_{\text{KOH}} \cdot M_{\text{KOH}}$$

$$10 \cdot 0,1 = 10,45 \cdot M_{\text{KOH}}$$

$$M_{\text{KOH}} = 0,0957, \text{ maka } N_{\text{KOH}} = 0,0957 \text{ N atau } 0,096 \text{ N}$$

**Data titrasi biodiesel :**

No	Biodiesel (g)	V KOH (mL)
1	1,0124	0,14
2	1,0265	0,15
3	1,0026	0,14

Perhitungan bilangan asam :

$$\text{Dari data 1} = \frac{0,14 \times 0,096 \times 56,1}{1,0124} = 0,74$$

$$\text{Dari data 2} = \frac{0,15 \times 0,096 \times 56,1}{1,0265} = 0,79$$

$$\text{Dari data 3} = \frac{0,14 \times 0,096 \times 56,1}{1,0026} = 0,75$$

Bilangan asam rata-rata = 0,76

## Lampiran 13. Penentuan bilangan penyabunan biodiesel

**Data titrasi biodiesel :**

No	Biodiesel (g)	V HCl (mL)
1	1,0226	9,75
2	1,0343	9,70
3	1,0157	9,80

**Data titrasi blanko :**

No	V HCl (mL)
1	16,20
2	16,25
	16,23

## Bilangan penyabunan :

$$\text{Dari data 1} = \frac{(16,23 - 9,75) \times 0,497 \times 56,1}{1,0226} = 176,68$$

$$\text{Dari data 2} = \frac{(16,23 - 9,70) \times 0,497 \times 56,1}{1,0343} = 176,03$$

$$\text{Dari data 3} = \frac{(16,23 - 9,80) \times 0,497 \times 56,1}{1,0157} = 176,51$$

$$\text{Bilangan penyabunan rata-rata} = 176,41 = 176$$

## Lampiran 14. Penentuan bilangan iod biodiesel

**Data titrasi biodiesel :**

No	Biodiesel (g)	V Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)
1	0,5130	5,75
2	0,5171	5,65
3	0,5231	5,65

**Data titrasi blanko :**

No	V Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)
1	23
2	22
	V rata-rata = 22,5

Normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,11 N

Bilangan iod :

$$\text{Dari data 1} = \frac{(22,5 - 5,75) \times 0,11 \times 12,69}{0,5130} = 45,58$$

$$\text{Dari data 2} = \frac{(22,5 - 5,65) \times 0,11 \times 12,69}{0,5171} = 45,89$$

$$\text{Dari data 3} = \frac{(22,5 - 5,65) \times 0,11 \times 12,69}{0,5231} = 44,96$$

Bilangan iod rata-rata = 45,48 = 46

Lampiran 15. Perhitungan indeks setana biodiesel dari minyak biji mahoni

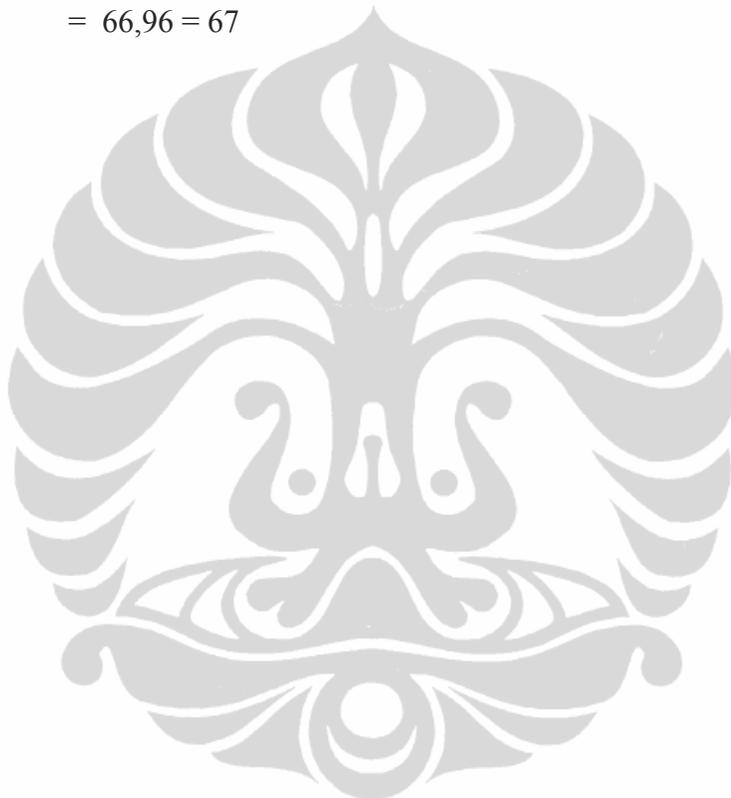
$$\text{Indeks setana} = 46,3 + \frac{5458}{x} - 0,225 y$$

x = bilangan penyabunan biodiesel = 176

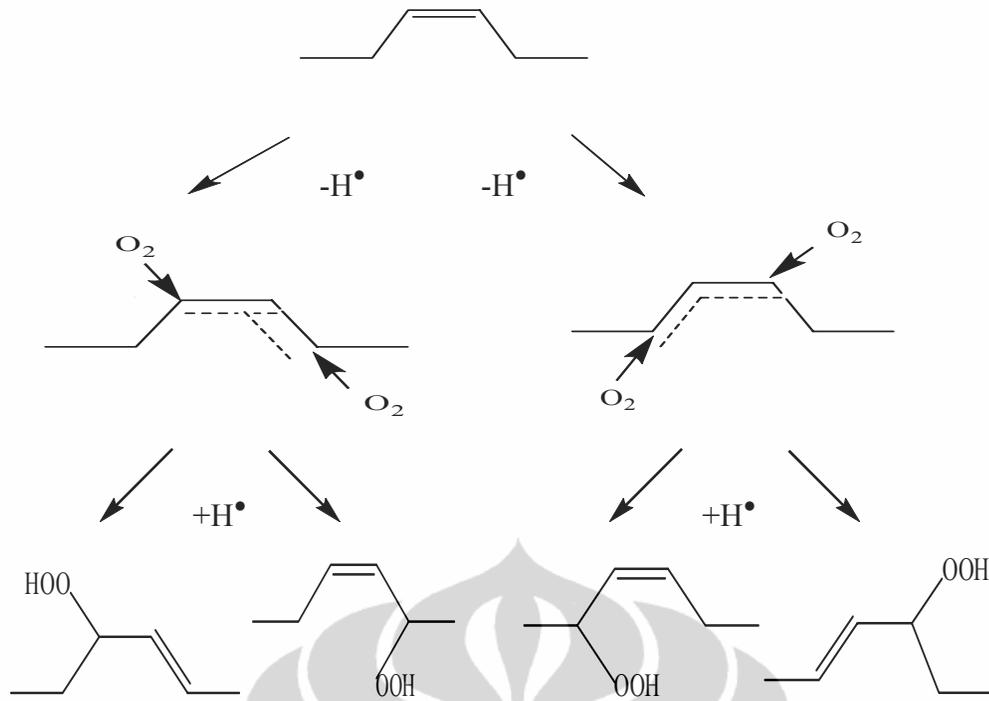
y = bilangan iod biodiesel = 46

$$\text{Indeks setana} = 46,3 + \frac{5458}{176} - 0,225 (46)$$

$$= 66,96 = 67$$



Universitas Indonesia



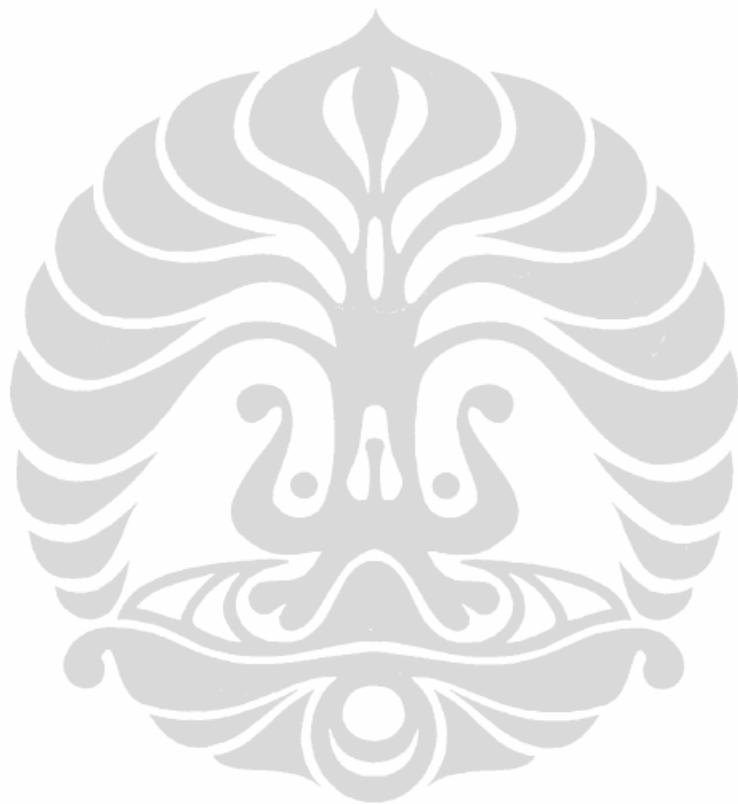
Gambar 2.9 Mekanisme pembentukan monohidroperoksida



**Universitas Indonesia**



**Universitas Indonesia**



**Universitas Indonesia**



**Universitas Indonesia**



**Universitas Indonesia**

