

**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK RANDU  
(*Ceiba pentandra L.*) DENGAN VARIASI WAKTU LAMA  
PENGADUKAN PADA REAKSI  
TRANSESTERIFIKASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains Kimia**

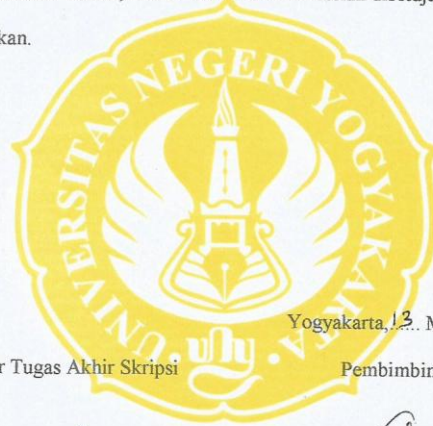


**Oleh :  
Tohari  
11307141024**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2015**

## PERSETUJUAN


Skripsi yang berjudul “Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu (*Ceiba Pentrada L.*) dengan Variasi Lama Pengadukan pada Reaksi Transesterifikasi” yang disusun oleh Tohari, NIM 11307141024 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

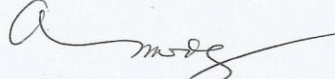


Yogyakarta, 13 Maret 2015

Koordinator Tugas Akhir Skripsi

Pembimbing

  
Prof. Dr. Endang Widjajanti LFX.  
NIP. 19621203 1986 01 2 001

  
Endang Dwi Siswani, M.T.  
NIP. 19541120 198702 2 001

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu (*Ceiba Pentrada L.*) dengan Variasi Lama Pengadukan pada Reaksi Transesterifikasi” yang disusun oleh Tohari, NIM 11307141024 ini telah dipertahankan didepan dewan penguji pada tanggal 13 Maret 2015 dan dinyatakan lulus.

### DEWAN PENGUJI

| Nama  | Jabatan                 | Tanda Tangan   | Tanggal    |
|---|-------------------------|--|------------|
| Endang Dwi Siswani, M.T.<br>NIP. 195411201987022001     | Ketua Penguji           |    | 18-03-2015 |
| Susila Kristianingrum, M.si.<br>NIP. 196508141990012001 | Sekretaris Penguji      |   | 17-3-2015  |
| Dr. Suyanta<br>NIP. 196605081992031002                  | Penguji I (Utama)       |  | 16-3-2015  |
| Dr. Eli Rohaeti<br>NIP. 196912291999032001              | Penguji II (Pendamping) |  | 18-3-2015  |

Yogyakarta, 23 Maret 2015

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono  
NIP. 19620329 198702 1 002

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini saya:

Nama : Tohari  
NIM : 11307141024  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta  
Judul Penelitian : Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba Pentrada L.) dengan Variasi Lama Pengadukan pada Reaksi Transesterifikasi

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya yang tergabung dalam penelitian payung Endang Dwi Siswani, M.T. (nama ketua peneliti) yang berjudul “Sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk randu (ceiba Pentrada L.) dengan variasi suhu dan lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi”.

Sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi atau data yang telah dipublikasikan atau ditulis orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan studi pada universitas atau institut lain, kecuali pada bagian-bagian yang telah dinyatakan dalam teks.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, Maret 2015  
Yang menyatakan,

Tohari  
NIM 11307141024

## **MOTTO**

Meski dunia penuh dengan penderitaan, dunia juga penuh dengan keberhasilan  
mengatasi penderitaan itu  
(Hellen Keller)

“Jika sore tiba, janganlah tunggu waktu pagi, jika pagi tiba, janganlah tunggu  
waktu sore. Manfaatkan masa sehatmu sebelum tiba masa sakitmu dan  
manfaatkan masa hidupmu sebelum tiba ajalmu”.  
(Ibnu Umar, Putra Umar bin Khattab)

Gusti paring pitedah bisa liwat bungah, bisa liwat susah

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, karya ini kupersembahkan untuk orang-orang yang menyayangiku, memotivasiku, dan memberikan kebahagiaan hingga saat ini.

Bapak, Ibu, Kakak dan mba Niken yang senantiasa membimbing, memotivasi, membantu dan memberikan dukungan.

**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK RANDU  
(*Ceiba Pentrada L.*) DENGAN VARIASI LAMA  
PENGADUKAN PADAREAKSI  
TRANSESTERIFIKASI**

**Oleh:**

**Tohari, NIM: 11307141024**

**Pembimbing: Endang Dwi Siswani, M.T.**

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) Karakter minyak biji kapuk yang meliputi: massa jenis, viskositas dan gugus fungsi IR. 2) Karakter biodiesel yang dihasilkan pada variasi lama proses transesterifikasi, meliputi massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala, dan kalor pembakaran, serta 3) Kesesuaian karakter biodiesel hasil sintesis jika dibandingkan dengan standar SNI 7182:2012.

Subjek dalam penelitian ini adalah minyak biji kapuk randu yang berasal dari Gunungkidul, Yogyakarta. Objek dalam penelitian ini adalah karakter biodiesel hasil sintesis dari minyak biji kapuk randu. Metode yang digunakan dalam pengambilan minyak adalah ekstraksi sokhlet menggunakan pelarut *n*-heksana dengan perbandingan volum *n*-heksan : berat biji kapuk 5:1 selama 4 jam. Jenis alkohol yang digunakan pada transesterifikasi adalah metanol dengan perbandingan minyak : metanol 5:1 b/b. Jenis katalis yang digunakan adalah KOH sebanyak 0,75% b/b terhadap jumlah minyak. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah lama pengadukan, dengan variasi: 50, 75, 100, 125 menit untuk biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> dengan suhu proses 50 °C. Biodiesel yang diperoleh dianalisis menggunakan FTIR dan diuji parameternya meliputi massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala, dan kalor pembakaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter minyak biji kapuk mempunyai massa jenis dan viskositas sebesar 861,57 kg/m<sup>3</sup> dan 4,5974 cSt. Gugus fungsi yang terdapat pada minyak biji kapuk yaitu -OH alkoholik, C-H, -CO-O ester, C=C dan C-O ester. Karakter biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> meliputi: massa jenis berturut-turut sebesar 867,23; 867,83; 868,73 dan 869,43 kg/m<sup>3</sup>, viskositas berturut-turut sebesar 8,9089; 9,1458; 9,5650 dan 10,0893 cSt, titik tuang berturut-turut sebesar -9, -6, -3 dan 36 °C, titik nyala berturut-turut sebesar 30,5; 36,5; 33,5 dan 46,5 °C, serta kalor pembakaran berturut-turut sebesar 9.575,612; 9.911,9105; 9.309,708 dan 9263,381 kal/g. Gugus fungsi yang terdapat pada biodiesel yaitu -OH dari -CO-OH, C-H, -CO-O ester, C=C dan C-O ester. Biodiesel B<sub>A</sub> (50 menit), B<sub>B</sub> (75 menit), dan B<sub>C</sub> (100 menit) memiliki nilai massa jenis dan titik tuang yang sudah sesuai dengan SNI 7182:2012, namun nilai viskositas, titik nyala dan kalor pembakarannya belum memenuhi standar. Biodiesel B<sub>D</sub> (125 menit) memiliki nilai massa jenis yang sesuai dengan SNI 7182:2012, tetapi nilai viskositas, titik tuang, titik nyala dan kalor pembakarannya belum memenuhi standar.

Kata kunci : lama pengadukan , minyak biji kapuk randu, minyak biodiesel, transesterifikasi

**SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM COTTON SEED OIL  
(*Ceiba Pentrada L.*) VIA TRANSESTERIFICATION  
REACTION WITH STIRRING  
TIME VARIATION**

**By:  
Tohari  
NIM: 11307141024  
Supervisor: Endang Dwi Siswani, M.T.**

**ABSTRACT**

The aims of this research were to determine: 1) the character of cotton seed oil such as density, viscosity and IR functional group. 2) the character of biodiesel such as density, viscosity, pour point, flash point, and heat of combustion, and 3) compared the biodiesel product with SNI standard 7182: 2012.

This research subject was cotton seed oil from Gunungkidul, Yogyakarta. The object of this research was the character of biodiesel product from cotton seed oil. The methods was using soxlet extraction with n-hexane as solvent, and volume n-hexane : weight cotton seed ratio of 5 : 1 for 4 hours. This transesterification reaction used methanol : cotton seed oil with ratio of 1 : 5 w/w and KOH as catalyst of 0.75% w/w of cotton seed oil. Independent variable of this research was variation time of stirring such as 50, 75, 100, and 125 minutes for biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, and B<sub>D</sub> at 50°C, respectively. The biodiesel product was characterized by FTIR and test analyzed for density, viscosity, pour point, flash point, and heat of combustion.

The results showed that the character cotton seed oil of density and viscosity was 861.57 kg/m<sup>3</sup> and 4.5974 cSt. Functional group of cotton seed oil was -OH alcoholik, C-H, -CO-O ester, C=C and C-O ester. The character biodiesel for B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, and B<sub>D</sub> such as density was 867.23; 867.83; 868.73 and 869.43 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Viscosity was 8.9089; 9.1458; 9.5650 and 10.0893 cSt, respectively. Pour point was -9, -6, -3 and 36 °C, respectively. Flash point was 30.5, 36.5, 33.5 and 46.5 °C, respectively, and heat of combustion was 9575.612, 9911.9105, 9309.708 and 9263.381 cal/g respectively. Functional group of biodiesel was -OH from -CO-OH, C-H, -CO-O ester, C=C and C-O ester. Biodiesel B<sub>A</sub> (50 minutes), B<sub>B</sub> (75 minutes), and B<sub>C</sub> (100 minutes) having density and pour point suitable with SNI 7182:2012, but viscosity, flash point and heat of combustion were not suitable. While biodiesel B<sub>D</sub> (125 minutes) had density that suitable with SNI 7182:2012, but viscosity, flash point and heat of combustion were not suitable.

Keywords: biodiesel, cotton seed oil, stirring time, transesterification,

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga atas kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Asam Linoleat Minyak Biji Kapuk (*Ceiba pentandra*) sebagai Minyak Pangan.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ijin penelitian.
2. Bapak Dr. Hari Sutrisno selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ijin penelitian.
3. Ibu Prof. Dr. Endang Widjajanti LFX, selaku Koordinator Program Studi Kimia dan Koordinator Tugas Akhir Skripsi Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan nasehat dan saran.
4. Ibu Siti Marwati, M.Si selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah membimbing akademik selama 4 tahun.
5. Ibu Endang Dwi Siswani, M.T selaku pembimbing skripsi, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, pertanyaan, saran, dan masukannya.
6. Ibu Susila Kristianingrum, M.Si selaku sekretaris penguji, yang telah memberikan pertanyaan, kritik, dan saran.
7. Bapak Dr. Suyanta selaku penguji utama, yang telah memberikan pertanyaan, kritik, dan saran.
8. Ibu Dr. Eli Rohaeti selaku penguji pendamping, yang telah memberikan pertanyaan, kritik dan saran.
9. Seluruh Dosen, Staf, dan Laboran Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penelitian.
10. Bapak, Ibu, kakak dan seluruh keluarga yang telah memberikan restu, doa, dukungan, motivasi, semangat dan kasih sayangnya.

11. Teman-teman seperjuangan Kimia B 2011 yang juga banyak membantu dan memberi semangat.

12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari adanya keterbatasan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman sehingga masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, Maret 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                       | Halaman |
|---------------------------------------|---------|
| HALAMAN PERSETUJUAN.....              | i       |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....              | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....               | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN .....              | iv      |
| HALAMAN MOTTO .....                   | v       |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....             | vi      |
| ABSTRAK .....                         | vii     |
| <i>ABSTRACT</i> .....                 | viii    |
| KATA PENGANTAR .....                  | ix      |
| DAFTAR ISI.....                       | xi      |
| DAFTAR TABEL.....                     | xiv     |
| DAFTAR GAMBAR .....                   | xv      |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                  | xvi     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>              |         |
| A. Latar Belakang Masalah.....        | 1       |
| B. Identifikasi Masalah .....         | 6       |
| C. Pembatasan Masalah .....           | 6       |
| D. Perumusan Masalah .....            | 7       |
| E. Tujuan Penelitian .....            | 7       |
| F. Manfaat Penelitian .....           | 7       |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>          |         |
| A. Dasar Teori.....                   | 9       |
| 1. Pohon Kapuk.....                   | 9       |
| 2. Biji Kapuk .....                   | 10      |
| 3. Lemak dan Minyak .....             | 12      |
| 4. Ekstraksi .....                    | 14      |
| 5. Biodiesel.....                     | 16      |
| 6. Reaksi Transesterifikasi .....     | 17      |
| 7. Parameter Analisis Biodiesel ..... | 20      |

|   |    |
|---|----|
| a. Massa Jenis .....  | 21 |
| b. Viskositas .....   | 22 |
| c. Titik Tuang.....   | 22 |
| d. Titik Nyala .....  | 23 |
| e. Kalor Pembakaran.....  | 24 |
| 8. Analisis Spektrofotometer Infra Merah .....                  | 24 |
| B. Penelitian yang Relevan.....                                 | 26 |
| C. Kerangka Berfikir.....                                       | 28 |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                                |    |
| A. Subjek dan Objek Penelitian .....                            | 30 |
| B. Variabel Penelitian .....                                    | 30 |
| C. Alat dan Bahan Penelitian.....                               | 30 |
| D. Tempat Penelitian.....                                       | 31 |
| E. Prosedur Penelitian.....                                     | 31 |
| F. Teknik Analisis Data.....                                    | 36 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                              |    |
| A. Hasil Penelitian .....                                       | 39 |
| 1. Karakteristik Minyak Biji Kapuk Hasil Proses Ekstraksi ..... | 39 |
| 2. Karakteristik Biodiesel Hasil Proses Transesterifikasi ..... | 40 |
| a. Rendemen biodiesel .....                                     | 41 |
| b. Spektrum FTIR Minyak dan Biodiesel .....                     | 41 |
| c. Massa jenis.....   | 44 |
| d. Viskositas .....   | 44 |
| e. Titik Tuang.....   | 45 |
| f. Titik Nyala .....  | 45 |
| g. Kalor Pembakaran.....  | 46 |
| B. Pembahasan.....  | 46 |
| 1. Karakteristik Minyak Biji Kapuk Hasil Proses Ekstraksi.....  | 46 |
| 2. Karakteristik Biodiesel Hasil Proses Transesterifikasi ..... | 48 |
| a. Rendemen Biodiesel.....                                      | 49 |
| b. Spektrum FTIR Minyak dan biodiesel.....                      | 49 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| c. Massa Jenis .....              | 51 |
| d. Viskositas .....               | 52 |
| e. Titik Tuang .....              | 54 |
| f. Titik Nyala .....              | 55 |
| g. Kalor Pembakaran .....         | 58 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> |    |
| A. Kesimpulan .....               | 59 |
| B. Saran.....                     | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              | 61 |
| LAMPIRAN.....                     | 66 |

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia Minyak Biji Kapuk .....  | 11      |
| Tabel 2. Syarat Mutu Biodiesel Standar SNI 7182:2012 .....   | 21      |
| Tabel 3. Daftar Korelasi Spektrum Infra Merah.....   | 25      |
| Tabel 4. Data Hasil Ekstraksi Sokhlet .....  | 39      |
| Tabel 5. Data Massa Jenis Minyak Biji Kapuk .....  | 39      |
| Tabel 6. Data Viskositas Minyak Biji Kapuk.....  | 39      |
| Tabel 7. FFA Minyak Biji Kapuk.....  | 40      |
| Tabel 8. Interpretasi IR Minyak Biji Kapuk .....   | 40      |
| Tabel 9. Rendemen Biodiesel .....  | 41      |
| Tabel 10. Data Hasil Uji Massa Jenis Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> ..... | 44      |
| Tabel 11. Data Hasil Uji Viskositas Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> .....  | 45      |
| Tabel 12. Data Hasil Uji Titik Tuang Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> ..... | 45      |
| Tabel 13. Data Hasil Uji Titik Nyala Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> ..... | 46      |
| Tabel 14. Data Hasil Kalor Pembakaran Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> dan B <sub>D</sub> .      | 46      |
| Tabel 15. Interpretasi Spektrum IR Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> dan B <sub>D</sub> .....     | 50      |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Pohon Kapuk Randu ( <i>Ceiba pentandra</i> L).....   | 10      |
| Gambar 2. Biji Kapuk Randu .....   | 11      |
| Gambar 3. Struktur Minyak Biji Kapuk Randu.....  | 12      |
| Gambar 4. Reaksi Hidrolisis Trigliserida .....   | 13      |
| Gambar 5. Ekstraktor Sokhlet .....   | 15      |
| Gambar 6. Struktur Biodiesel Minyak Biji Kapuk Randu .....   | 17      |
| Gambar 7. Reaksi Transesterifikasi pada Minyak Biji Kapuk .....                                      | 18      |
| Gambar 8. Spektrum IR Minyak Biji Kapuk Randu .....  | 41      |
| Gambar 9. Spektrum IR Biodiesel B <sub>A</sub> (waktu 50 menit) .....                                | 42      |
| Gambar 10. Spektrum IR Biodiesel B <sub>B</sub> (waktu 75 menit).....                                | 42      |
| Gambar 11. Spektrum IR Biodiesel B <sub>C</sub> (waktu 100 menit).....                               | 43      |
| Gambar 12. Spektrum IR Biodiesel B <sub>D</sub> (waktu 125 menit) .....                              | 43      |
| Gambar 13. Grafik Hubungan Massa Jenis Biodiesel dengan Waktu<br>Reaksi Transesterifikasi .....      | 51      |
| Gambar 14. Grafik Hubungan Viskositas Biodiesel dengan Waktu<br>Reaksi Transesterifikasi .....       | 53      |
| Gambar 15. Grafik Hubungan Titik Tuang Biodiesel dengan Waktu<br>Reaksi Transesterifikasi .....      | 55      |
| Gambar 16. Grafik Hubungan Titik Nyala Biodiesel dengan Waktu<br>Reaksi Transesterifikasi .....      | 56      |
| Gambar 17. Grafik Hubungan Kalor Pembakaran Biodiesel dengan Waktu<br>Reaksi Transesterifikasi ..... | 57      |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Prosedur Penelitian .....   | 67      |
| Lampiran 2. Hasil Spektrum IR Minyak Biji Kapuk .....   | 74      |
| Lampiran 3. Hasil Spektrum IR Biodiesel B <sub>A</sub> (waktu 50 menit).....  | 75      |
| Lampiran 4. Hasil Spektrum IR Biodiesel B <sub>B</sub> (waktu 75 menit).....  | 76      |
| Lampiran 5. Hasil Spektrum IR Biodiesel B <sub>C</sub> (waktu 100 menit).....   | 77      |
| Lampiran 6. Hasil Spektrum IR Biodiesel B <sub>D</sub> (waktu 125 menit).....   | 78      |
| Lampiran 7. Penentuan Kadar FFA Minyak Biji Kapuk .....   | 79      |
| Lampiran 8. Penentuan Rendemen Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> .....                        | 81      |
| Lampiran 9. Penentuan Massa Jenis Air, Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> dan B <sub>D</sub>                        | 83      |
| Lampiran 10. Uji F (Anova A) Massa Jenis Biodiesel .....  | 88      |
| Lampiran 11. Penentuan Viskositas Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> .....                     | 91      |
| Lampiran 12. Uji F (Anova A) Viskositas Biodiesel.....  | 94      |
| Lampiran 13. Hasil Uji Titik Nyala dan Titik Tuang Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> ,<br>B <sub>C</sub> , dan B <sub>D</sub> ..... | 97      |
| Lampiran 14. Hasil Uji Kalor Pembakaran Biodiesel B <sub>A</sub> .....  | 98      |
| Lampiran 15. Hasil Uji Kalor Pembakaran Biodiesel B <sub>B</sub> .....  | 99      |
| Lampiran 16. Hasil Uji Kalor Pembakaran Biodiesel B <sub>C</sub> .....  | 100     |
| Lampiran 17. Hasil Uji Kalor Pembakaran Biodiesel B <sub>D</sub> .....  | 101     |
| Lampiran 18. Hasil Karakter Biodiesel B <sub>A</sub> , B <sub>B</sub> , B <sub>C</sub> dan B <sub>D</sub> .....                             | 102     |
| Lampiran 19. Dokumentasi Penelitian.....  | 103     |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, pengembangan wilayah, dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi di semua sektor pengguna energi secara nasional juga semakin besar. Selama ini kebutuhan energi dunia dipenuhi oleh sumber daya tak terbarukan, seperti gas bumi, minyak bumi, batubara dan sebagainya. Solar merupakan salah satu hasil penyulingan minyak bumi yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini karena harga bahan bakar minyak yang murah, kinerja yang baik, dan disubsidi oleh pemerintah, menyebabkan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi menjadi pilihan selama bertahun-tahun (Susilowati, 2006: 11). Namun, tidak selamanya energi tersebut dapat mencukupi seluruh kebutuhan dalam jangka panjang. Cadangan energi semakin lama semakin menipis dan proses produksinya membutuhkan waktu yang lama.

Krisis bahan bakar minyak di Indonesia telah terlihat indikasinya dengan terjadinya kelangkaan di beberapa tempat. Krisis bahan bakar minyak ini diakibatkan oleh harga minyak mentah yang melonjak tinggi di samping cadangan minyak mentah Indonesia yang terbatas sedangkan konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk sehingga produksi dalam negeri berkurang. Peningkatan kebutuhan energi tersebut harus didukung adanya pasokan energi jangka panjang secara berkesinambungan, terintegrasi dan ramah lingkungan (Nurjannah, 2010: 1).

Makin menipisnya cadangan sumber energi fosil terutama minyak bumi memaksa pemerintah Indonesia dan masyarakat untuk mencari alternatif lain sebagai sumber energi. Upaya pencarian, pengembangan, dan penggalan sumber energi alternatif harus mempertimbangkan faktor-faktor utamanya, yaitu energi, ekonomi dan ekologi, dengan kata lain sistem yang dikembangkan harus dapat memproduksi energi dalam jumlah yang besar, dengan biaya yang rendah serta mempunyai dampak terhadap lingkungan yang minimal. Salah satu alternatif yang mungkin memenuhi kriteria tersebut adalah pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar motor diesel pengganti bahan bakar minyak konvensional. Secara umum minyak nabati dapat terurai secara biologis dan lebih sempurna (lebih dari 90% dalam waktu 21 hari) ( R. Handoyo, Ananta Andy Anggraini, Saiful Anwar, 2007: 58).

Terdapat 3 jenis biofuel yang dapat menggantikan BBM, yaitu : bioetanol, biodiesel dan biomassa. Bioetanol sebagai pengganti premium, biodiesel sebagai pengganti solar sedangkan biomassa sebagai pengganti minyak tanah. Biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel diperoleh dari reaksi minyak tanaman (trigliserida) dengan alkohol yang menggunakan katalis basa atau asam pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya metil ester atau sering disebut biodiesel) dan gliserol. Proses reaksi ini disebut transesterifikasi (Maharani Nurul Hikmah dan Zuliyana, 2010: 4).

Hisar Tambun (2009: 9) mengatakan bahwa biodiesel sangat

berpotensi digunakan sebagai pengganti solar karena bahan bakunya berasal dari minyak nabati, dapat diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik, asap buangan biodiesel tidak berwarna hitam dan tidak mengandung senyawa aromatik sehingga emisi gas buang yang dihasilkan biodiesel ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan gas CO<sub>2</sub> tidak terakumulasi di atmosfer. Selain itu, biodiesel menghasilkan emisi sulfur (SO) dan menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> lebih kecil dibanding dengan penggunaan diesel biasa karena memiliki angka setana yang tinggi (Dimar Sinabutar, 2009: 10). Biodiesel juga memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*), memiliki sifat *renewable energy* karena berasal dari alam yang dapat diperbarui dan dapat meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal (Erliza Hambali, dkk, 2007: 9). Terdapat banyak parameter standar biodiesel, penetapan parameter standar antara satu negara dengan negara lainnya berbeda. Standar ini disesuaikan dengan iklim dan kondisi masing-masing negara (Dadang, 2006: 70).

Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak (C<sub>8</sub> – C<sub>24</sub>). Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia dari minyak (Erliza Hambali, dkk, 2007: 11)

Salah satu bahan yang potensial karena pemanfaatannya yang kurang maksimal yakni biji kapuk. Saat ini, biji kapuk hanya digunakan sebagai campuran dalam pakan ternak. Kandungan minyak pada biji kapuk berkisar

antara 25% - 40% (Ganjar Andaka, 2008: 45). Menurut Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung Tri Prasetya (2012: 9), minyak biji kapuk mudah tengik karena memiliki kandungan asam lemak tak jenuh sekitar 71,95% lebih tinggi dari minyak kelapa. Minyak yang mudah tengik kurang baik apabila dikembangkan menjadi minyak makanan, sehingga minyak biji kapuk sangat potensial apabila dikembangkan menjadi biodiesel.

Indonesia memiliki lahan kapuk seluas 1.383,64 ha. Sebagian besar lahan tersebut berada di Pulau Jawa (Biro Pusat Statistik, 1995: 45). Setiap pohon kapuk dewasa dapat menghasilkan antara 4.000-5.000 buah per tahun, sehingga dihasilkan biji kapuk sekitar 50 kg per tahun. Total produksi biji kapuk di Indonesia sekitar 26.900 ton per tahun. Pohon kapuk telah dimanfaatkan untuk pembuatan peti kemas, tripleks, furniture, dan bahan baku pembuatan kertas. Serat kapuk telah dimanfaatkan dalam pembuatan kasur tempat tidur, matras, dan sumber serat yang komersial tetapi biji kapuk masih belum banyak dimanfaatkan. Biji kapuk yang kurang termanfaatkan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel.

Lemak dan minyak dapat diperoleh dari ekstraksi jaringan hewan atau tanaman dengan tiga cara, yaitu *rendering*, pengepresan (*pressing*), atau dengan ekstraksi menggunakan pelarut (F. G. Winarno, 1992: 99). Ekstraksi dengan pelarut dapat berupa maserasi, sokhlet, dan *reflux*. Kondisi ekstraksi konvensional yang tidak tepat dapat menimbulkan kehilangan dan degradasi senyawa target yang diinginkan. Oleh karena itu perlu dikaji faktor-faktor

yang berpengaruh, seperti metode ekstraksi yang digunakan (maserasi, sokhlet, dan *reflux*), jenis pelarut, rasio bahan pelarut, suhu, dan lama ekstraksi (Kurnia Harlina Dewi, 2008: 29).

Pembuatan minyak biji kapuk menjadi biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi terjadinya pertukaran langsung antara gugus R'' ester dengan gugus R' dari alkohol dengan bantuan katalis asam atau basa. Reaksi transesterifikasi berhubungan langsung dengan reaksi hidrolisis. Reaksi transesterifikasi bersifat reversibel, biasanya digunakan alkohol secara berlebihan. (Maharani Nurul Hikmah dan Zuliyana, 2010: 5). Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan transesterifikasi yaitu suhu pada saat proses transesterifikasi, waktu yang digunakan, jenis dan konsentrasi katalis, serta jenis dan konsentrasi alkohol. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 - 65<sup>0</sup>C (titik didih metanol sekitar 65<sup>0</sup>C). Pada temperatur tinggi, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat. Temperatur yang rendah akan menghasilkan konversi yang lebih tinggi namun dengan waktu reaksi yang lebih lama (Mescha, Agustinus, Nazef, Soraya: 2007: 13).

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan biodiesel dari minyak biji kapuk randu dengan variasi lama pengadukan pada proses transesterifikasi. Untuk membedakan minyak biji kapuk dengan biodiesel yang dihasilkan, maka dilakukan analisis menggunakan spektroskopi IR. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak biji kapuk diuji karakternya menggunakan parameter berupa: analisis

spektroskopi IR, massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala dan kalor pembakaran.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Biji kapuk di Indonesia belum banyak dimanfaatkan.
2. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengambilan minyak dari biji kapuk.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah jenis katalis, konsentrasi katalis, jenis alkohol, konsentrasi alkohol, suhu saat reaksi berlangsung, dan lama pengadukan.
4. Karakter biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi.
5. Standar karakter biodiesel yang digunakan.

## **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, maka dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Biji kapuk yang digunakan adalah biji kapuk yang diperoleh dari kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta.
2. Metode pengambilan minyak yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ekstraksi sokhlet menggunakan pelarut *n*-heksan dengan perbandingan biji kapuk dan *n*-heksan 1:5 selama 4 jam.
3. Jenis katalis yang digunakan dalam proses transesterifikasi adalah KOH dengan konsentrasi 0,75% b/b, jenis alkohol yang digunakan yaitu

metanol 99%, suhu transesterifikasi 50 °C dengan waktu pengadukan selama 50, 75, 100 dan 125 menit.

4. Karakter biodisel yang diuji meliputi: massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala, dan kalor pembakaran.
5. Standar karakter biodiesel yang digunakan yaitu SNI 7182:2012.

#### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan pembatasan masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik minyak biji kapuk yang meliputi: massa jenis, viskositas dan gugus fungsi IR?
2. Bagaimana karakteristik massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala, kalor pembakaran dan gugus fungsi IR biodiesel pada berbagai waktu lama pengadukan?
3. Bagaimana kesesuaian karakter biodiesel hasil sintesa, jika dibandingkan dengan standar SNI 7182:2012?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakter minyak biji kapuk yang meliputi massa jenis, viskositas dan gugus fungsi IR minyak biji kapuk.
2. Mengetahui besarnya massa jenis, viskositas, titik nyala, titik tuang, kalor pembakaran dan gugus fungsi IR biodiesel pada berbagai variasi lama pengadukan proses transesterifikasi.
3. Mengetahui kesesuaian karakter biodiesel hasil sintesis, jika

dibandingkan dengan standar SNI 7182-2012.

## **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti
  - a. Meningkatkan pengetahuan tentang bahan nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.
  - b. Memberikan informasi mengenai pengaruh lama pengadukan pada proses transesterifikasi pada pembuatan biodiesel dari minyak biji kapuk .
  - c. Memberikan informasi tentang kualitas biodiesel dari minyak biji kapuk, meliputi: massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala dan kalor pembakaran.
2. Bagi Masyarakat
  - a. Dapat menambah nilai ekonomis dari biji kapuk yang selama ini merupakan limbah dan belum dimanfaatkan secara maksimal.
  - b. Memberikan informasi tentang kualitas biodiesel minyak biji kapuk meliputi massa jenis, viskositas, titik tuang, titik nyala dan kalor pembakaran.

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **A. Dasar Teori**

#### **1. Kapuk (*Ceiba pentandra L*)**

Pohon kapuk dikenal dengan nama ilmiah *Cieba pentandra L*. Tumbuhan ini berasal dari India dan banyak ditemukan di beberapa perkebunan di Asia Tenggara (Keko Hori, et al, 2000: 401). Tanaman ini juga berasal dari bagian utara Amerika Selatan, Amerika Tengah, dan Karibia (KPH Kendal, 2011). Tumbuhan ini tahan terhadap kekurangan air dan umumnya tumbuh di kawasan pinggir pantai serta lahan-lahan dengan ketinggian 100 - 800 meter di atas permukaan laut.

Pohon kapuk merupakan pohon yang menggugurkan bunga, tinggi pohon kapuk 8 sampai 30 meter dan dapat memiliki batang pohon yang cukup besar hingga mencapai diameter 3 m. Pada batangnya terdapat duri-duri tempel besar yang berbentuk kerucut. Daunnya bertangkai panjang dan berbilang 5-9. Bunga terkumpul di ketiak daun yang sudah rontok (dekat ujung ranting). Kelopak berbentuk lonceng, berlekuk pendek dengan tinggi 1-2 cm. Daun mahkota bulat telur terbalik dan memanjang dengan panjang 2,5-4 cm. Benang sari berjumlah 5, bersatu menjadi bentuk tabung pendek, serta memiliki kepala sari berbelok-belok. Bakal buah beruang 5 dengan bakal biji yang cukup banyak. Pohon kapuk memiliki buah yang bentuknya memanjang dengan panjang 7,5-15 cm, menggantung, berkulit keras dan berwarna hijau jika masih muda serta berwarna coklat jika telah tua. Dalam buahnya terdapat biji yang dikelilingi bulu-bulu halus, serat kekuning-kuningan yang merupakan campuran dari lignin dan selulosa. Bentuk bijinya bulat, kecil-kecil, dan

berwarna hitam (Setiadi, 1983: 6). Berdasarkan taksonomi, tanaman kapuk dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)
- b. Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
- c. Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
- d. Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
- e. Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua / dikotil)
- f. Sub Kelas : *Dilleniidae*
- g. Ordo : *Malvales*
- h. Famili : *Bombacaceae*
- i. Genus : *Ceiba*
- j. Spesies : *Ceiba pentandra L.*

Pohon kapuk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon Kapuk

## 2. Biji Kapuk

Tanaman kapuk menghasilkan buah kapuk antara 500 sampai 4.000 buah dalam satu kali waktu dengan masing-masing buah mengandung 200

biji. Biji kapuk sangat keras dengan ujung berbentuk kapsul dan berwarna hitam kecoklatan (N. Norazahar, dkk, 2012: 542). biji kapuk dapat dilihat pada Gambar 2.



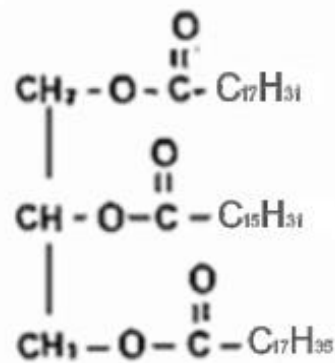
Gambar 2. Biji Kapuk

Biji kapuk ini dapat diproses menjadi minyak biji kapuk, sedangkan bungkilnya dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman tembakau dan sayuran, serta dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak. Biji buah kapuk memiliki kandungan utama minyak sebesar 25,67 % sampai 40,64% (Murni Yuniwati, 2012: 204). Sifat fisika dan kimia minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia Minyak Biji Kapuk (Sopiana, 2011: 10)

| <b>Karakteristik</b> | <b>Nilai</b> |
|----------------------|--------------|
| Bilangan Tersabunkan | 0,5-1,8 %    |
| Relatif Indeks 25 °C | 1,406-1,472  |
| Bilangan Penyabunan  | 189-197      |
| Specific gravity     | 0,92-0,93    |
| Densitas (g/mL)      | 0,917        |
| Bilangan Iod         | 8,6-110      |

Minyak biji kapuk berwarna kuning kecoklatan, berbau tengik dan dapat diperoleh melalui proses pengepresan biji kapuk. Minyak biji kapuk terdiri dari 70% asam lemak jenuh dan 30% asam lemak tak jenuh. Kandungan asam lemak berupa asam linoleat sekitar 68,452%, asam palmitat 26,515% dan asam stearat 2,287% (Herawati Puspadiman, 2013: 54). Struktur minyak biji kapuk dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Minyak Biji Kapuk

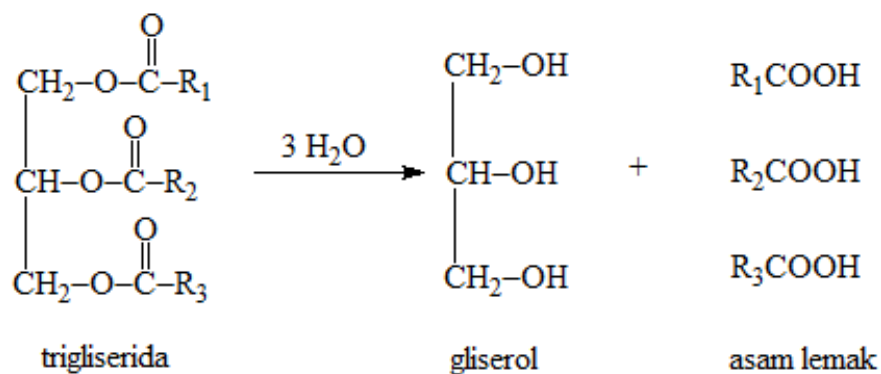
### 3. Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak merupakan bahan-bahan yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Lemak merupakan bahan padat pada suhu ruang dikarenakan tingginya kandungan asam lemak jenuh yang tidak memiliki ikatan rangkap, sehingga mempunyai titik lebur yang lebih tinggi. Minyak merupakan bahan cair pada suhu ruang disebabkan tingginya kandungan asam lemak yang tidak jenuh, yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya, sehingga mempunyai titik lebur yang rendah (F.G Winarno, 2002 : 92). Minyak nabati terdapat dalam buah-buahan, akar tanaman sayur-sayuran, kacang-

kacangan dan biji-bijian. Sifat umum dari minyak dan lemak yaitu sebagai berikut:

- Minyak dan lemak tidak larut dalam air.
- Minyak dan lemak larut dalam pelarut organik seperti benzene, eter, aseton, kloroform, dan karbontetraklosrida.
- Minyak dan lemak mengandung atom karbon, hidrogen, oksigen, dan terkadang mengandung nitrogen dan fosfor.
- Apabila dihidrolisis, lemak dan minyak akan menghasilkan asam lemak.

Lemak dan minyak secara kimiawi disebut trigliserida. Minyak merupakan trigliserida campuran yang terdiri dari tiga unit asam lemak yang berwujud cair pada suhu 25 °C sedangkan lemak adalah minyak yang berwujud padat (Widayat, Suherman, & K. Haryani, 2006: 79). Trigliserida jika dihidrolisis akan menghasilkan 3 molekul asam lemak rantai panjang dan 1 molekul gliserol. Proses hidrolisis dari trigliserida tersebut ditampilkan dalam Gambar 4 (S. Ketaren, 1986:7).



Gambar 4. Reaksi Hidrolisis Trigliserida

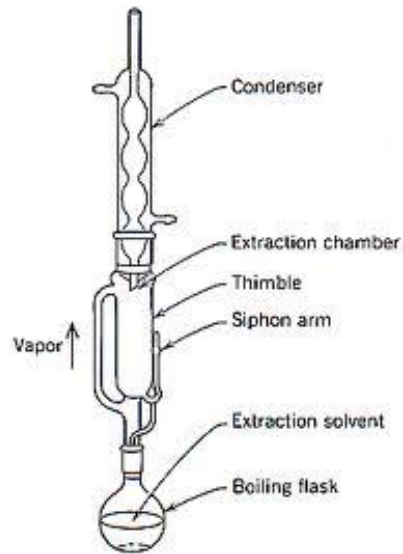
Berdasarkan bentuk strukturnya trigliserida dapat dipandang sebagai hasil kondensasi ester dari satu molekul gliseril dengan tiga molekul asam lemak, sehingga senyawa ini sering juga disebut sebagai triasilgliserol. Umumnya trigliserida alam mengandung lebih dari satu jenis asam lemak. Jika ketiga asam lemak penyusun lemak itu sama disebut trigliserida paling sederhana. Apabila ketiga asam lemak tersebut tidak sama disebut dengan trigliserida campuran.

#### **4. Ekstraksi**

Menurut Bernardini (1983), secara umum ada dua tipe ekstraksi pelarut yaitu cara perkolasi dan immersi. Perkolasi dilakukan dengan cara mengalirkan pelarut dari atas bahan hingga mengisi ruang kosong di antara partikel-partikel biji. Immersi dilakukan dengan cara merendam seluruh bahan dalam pelarut. Teknik ekstraksi dengan menggunakan alat ekstraksi sokhlet merupakan kombinasi antara proses perkolasi dan immersi.

Proses separasi atau pemisahan minyak yang terkandung dalam suatu bahan dapat dilakukan dengan metode ekstraksi padat cair (*leaching*). Ekstraksi padat cair (*leaching*) adalah proses pemisahan zat terlarut yang terdapat dalam suatu padatan dengan cara mengontakkan padatan tersebut dengan pelarut (*solvent*) sehingga padatan dan pelarut bercampur, kemudian zat terlarut terpisah dari padatan sebab larut dalam pelarut (Retno Utami, 2000:10). Pada ekstraksi padat cair terdapat dua fase yaitu fase *overflow* (ekstrak) dan fase *underflow* (rafinat/ampas). Salah satu ekstraksi padat cair yaitu ekstraksi sokhlet.

Keuntungan ekstraksi sokhlet diantaranya minyak yang dapat dipisahkan dari bahannya cukup besar, komponen-komponen lain yang terdapat di dalam bahan seperti kandungan protein, asam-asam lemak dan lain-lainnya tidak banyak mengalami kerusakan. Rangkaian alat Ekstraktor Sokhlet ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ekstraktor Sokhlet

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju ekstraksi dan jumlah minyak yang dihasilkan adalah perlakuan awal (penghancuran dan pengeringan), lama ekstraksi, volume pelarut, suhu pelarut dan jenis pelarut yang digunakan. Ukuran bahan perlu direduksi lebih dahulu agar luas permukaan semakin besar dan minyak mudah terekstraksi, sehingga efisiensi ekstraksi tercapai (Bambang Pramudono dkk, 2008:38).

Proses ekstraksi sokhlet dilakukan dengan cara sampel yang berupa padatan dihaluskan kemudian dibungkus dengan kertas saring membentuk silinder dan diletakkan dalam selongsong. Pelarut dipanaskan dalam labu

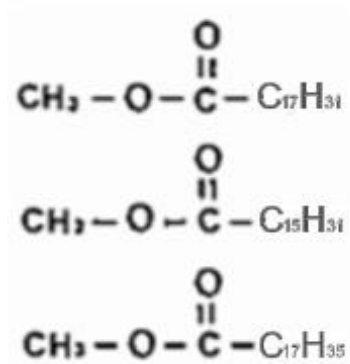
alas bulat sehingga menguap dan terkondensasi dalam chamber yang kemudian masuk dalam selongsong dan melarutkan zat aktif dalam sampel. Jika pelarut telah mencapai *siphon arm*, seluruh cairan akan turun kembali ke labu alas bulat melalui pipa kapiler sehingga terjadi sirkulasi. Proses ini pun berlangsung kontinu hingga minyak yang diinginkan dalam sampel telah habis. Proses evaporasi dilakukan untuk memisahkan hasil ekstrak biji kapuk dengan pelarut, sehingga diperoleh minyak yang lebih murni.

## **5. Biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Bahan baku pembuatan biodiesel berasal dari berbagai sumber daya nabati yakni kelompok minyak dan lemak, seperti minyak sawit, jarak pagar, minyak kelapa, dan berbagai tumbuhan lain yang mengandung trigliserida (Raden Wahid Hanafi, 2013: 10). Biodiesel adalah senyawa mono alkil ester yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dengan metanol menjadi metil ester dan gliserol menggunakan katalis asam atau basa pada suhu dan komposisi tertentu.

Biodiesel dapat diaplikasikan secara langsung untuk mesin diesel tanpa melalui modifikasi terlebih dahulu dan memiliki kelebihan lain dibandingkan dengan solar, yaitu tidak beracun, karena biodiesel tidak mengandung sulfur serta senyawa aromatik, sehingga emisi pembakaran

yang dihasilkan ramah lingkungan (Edi Mulyadi, 2011: 439). Di samping itu biodiesel memiliki angka setan lebih tinggi (>57), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai (*biodegradable*), merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui, serta meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal, (Erliza, dkk, 2007: 9). Struktur biodiesel dari minyak biji kapuk dapat dilihat pada Gambar 6.

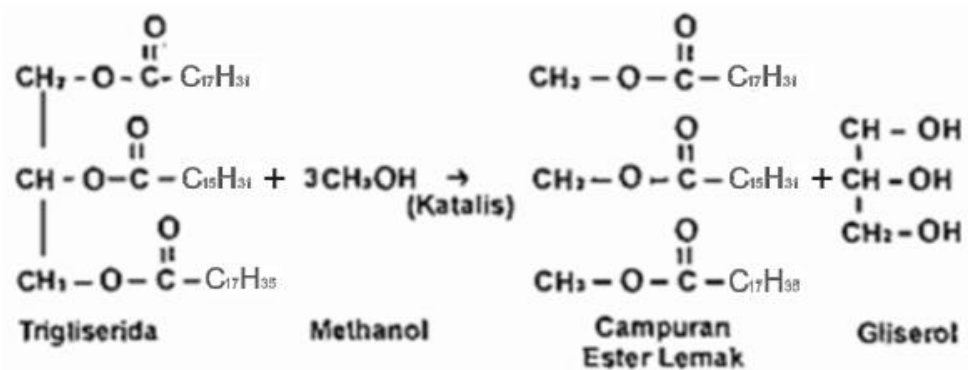


Gambar 6. Struktur Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk.

## 6. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi dapat berlangsung apabila kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam minyak rendah, jika kandungan FFA dalam minyak besar (>5%) harus dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak. Reaksi transesterifikasi disebut juga reaksi alkoholis yang melibatkan peruaian atau pemaksapisahan (*cleavage*) oleh alkohol sehingga dibutuhkan alkohol dengan kereaktifan besar (Triana Kusumaningsih, Pranoto, & Ragil Saryoso, 2006: 21).

Metanol merupakan alkohol yang umum digunakan dalam pembuatan biodiesel yang diproduksi dari gas alam (Erna Astuti, 2008: 6). Penggunaan metanol (CH<sub>3</sub>OH) mempunyai keuntungan, yakni lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan penggunaan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), hal ini disebabkan karena metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki 2 ikatan karbon, sehingga pada penggunaan metanol lebih mudah dilakukan pemisahan gliserol daripada penggunaan etanol (Mahlinda & Lancy Maurina, 2011: 21). Reaksi Transesterifikasi trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester dapat disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Reaksi Transesterifikasi pada Trigliserida (Minyak Biji Kapuk).

Didalam reaksi transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan *fatty acid alkyl ester* dan gliserol (Freedman, et al, 1986: 1375). Katalis basa yang umum digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah potassium hidroksida (KOH), sodium hidroksida (NaOH), dan sodium metilat (NaOCH<sub>3</sub>), sedangkan katalis asam adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Astrilia Damayanti & Wara Dyah Pita Rengga, 2010: 43). Pemakaian katalis basa

berlangsung sempurna bila minyak atau lemak dalam kondisi netral. Trigliserida bereaksi dengan basa (KOH), mengalami proses saponifikasi menghasilkan gliserol dan garam asam lemak yang larut dalam alkohol (metanol). Kemudian garam asam lemak bereaksi dengan metanol melalui mekanisme reaksi substitusi nukleofilik tetrahedral membentuk metil ester asam lemak dan basa (March & Smith, 2001 dalam Raden Waqhid Hanafi, 2013: 31).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan transesterifikasi adalah :

a. Suhu

Kecepatan reaksi secara kuat dipengaruhi oleh temperatur reaksi pada umumnya reaksi ini dapat dijalankan pada suhu mendekati titik didih metanol ( $65^{\circ}\text{C}$ ) pada tekanan atmosfer. Kecepatan reaksi akan meningkat sejalan dengan kenaikan temperatur semakin tinggi temperatur berarti semakin banyak yang dapat digunakan oleh reaktan untuk mencapai energi aktivasi.

b. Waktu Reaksi

Lamanya waktu reaksi mempengaruhi jumlah produk yang diperoleh. Semakin lama waktu reaksi maka semakin banyak produk yang dihasilkan karena semakin banyak reaktan yang saling bertumbukan satu sama lain. Setelah produk terbentuk maka waktu reaksi menjadi tidak lagi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap reaksi.

c. Katalis

Katalis adalah substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi pada suatu reaksi kimia yang mendekati kesetimbangan dimana katalis tersebut tidak terlibat secara permanen. Katalis meningkatkan laju reaksi dengan cara mempengaruhi energi pengaktifan suatu reaksi kimia. Keberadaan katalis akan menurunkan energi pengaktifan, sehingga reaksi dapat berjalan dengan cepat (M. Pranjoto U & Endang W.L, 2007: 111)

d. Pengadukan

Pada reaksi transesterifikasi, reaktan-reaktan awalnya membentuk sistem cairan dua fasa. Reaksi dikendalikan oleh difusi diantara fase-fase yang berlangsung lambat. Pengadukan akan mempercepat jalannya reaksi. Setelah produk terbentuk maka pengadukan menjadi tidak lagi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap reaksi. Pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan campuran reaksi yang bagus. Pengadukan yang tepat akan mengurangi hambatan antar massa. (Purwono, S., 2003).

## **7. Parameter Analisis Biodiesel**

Biodiesel yang telah terbentuk harus memiliki standar mutu agar dapat diaplikasikan ke dalam mesin diesel. Terdapat beberapa standar mutu biodiesel. Standar mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2012 dapat disajikan seperti pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Syarat Mutu Biodiesel Standar SNI 7182:2012

| No | Parameter  | SNI 7182:2012           |
|----|--|-------------------------|
| 1  | Massa jenis pada 40 °C (Kg/m <sup>3</sup> )                                    | 850-890                 |
| 2  | Viskositas kinematic pada 40 °C (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 (%-massa)<br>- Dalam contoh asli<br>- Dalam 10 % ampas destilasi | Maks 0,05<br>Maks. 0,30 |
| 8  | Air dan sedimen (%-vol)  | Maks 0,05*              |
| 9  | Temperature destilasi 90% (°C)   | Maks. 360               |
| 10 | Abu tersulfatkan (%-massa)   | Maks. 0,02              |
| 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                |
| 14 | Gliserol bebas (%-massa)   | Maks.0,02               |
| 15 | Gliserol total (%-massa)   | Maks.0,24               |
| 16 | Kadar ester alkil (%-massa)  | Min. 96,5               |
| 17 | Angka iodium (%-massa (g-I <sub>2</sub> /100g))                                | Maks.115                |
| 18 | Uji halpen   | Negative                |

Parameter -parameter analisis biodiesel antara lain

a. Massa jenis

Massa jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan massa bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Bahan bakar minyak umumnya mempunyai massa jenis antara 850-890 kg/m<sup>3</sup>, dengan kata lain massa jenis bahan bakar minyak lebih rendah daripada air (Adly Havendri, 2008: 39).

#### b. Viskositas

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Semakin tinggi nilai viskositas biodiesel maka semakin kental biodiesel tersebut dan kemampuan mengalir menjadi semakin berkurang (Wardan S dan Zainal A, 2003: 16). Viskositas suatu bahan bakar menjadi parameter yang sangat penting karena akan berpengaruh pada kinerja injektor mesin (Fahma Riyanti, Poedji L. H., & Catur D. L., 2012: 76). Viskositas bahan bakar perlu dibatasi karena viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar dan mempersulit pengabutan bahan bakar minyak, (A. Hardjono, 2001: 93).

#### c. Titik Tuang (*Pour Point*)

Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Titik tuang ini diperlukan untuk persyaratan praktis dari prosedur penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar. Bahan bakar sulit dipompa/dialirkan di bawah suhu titik tuang (Wardan S dan Zainal A, 2003: 17).

Pada umumnya, permasalahan pada aliran bahan bakar terjadi pada temperatur diantara *cloud point* dan *pour point* pada saat keberadaan kristal mulai mengganggu proses filtrasi bahan bakar. Oleh karena itu

digunakan metode pengukuran yang lain untuk mengukur performansi bahan bakar pada temperatur rendah yakni Cold Filter Plugging Point (CFPP) dan Low Temperatur Flow Test (LTFT) dengan standart ASTM D 4539. Pada umumnya *pour point* dan *cloud point* biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Untuk mengatasi hal itu dapat dipergunakan pencampuran biodiesel dengan solar, atau menambahkan aditif tertentu pada biodiesel, untuk mencegah terjadinya kristal- kristal yang terbentuk pada biodiesel (Indantono, Y. S.,2006)

d. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala merupakan angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dapat terbakar bila pada permukaan minyak tersebut didekatkan dengan nyala api. Titik nyala diperlukan untuk keperluan keamanan dalam penanganan minyak terhadap bahaya kebakaran (Wardan S dan Zaenal A, 2003: 17). Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran, (Rama P, Roy H, Makmuri M, 2006: 66 - 67).

Titik nyala ini bisa digunakan sebagai salah satu indikasi bilamana fuel tercampur dengan fraksi-fraksi ringan dari suatu hidrokarbon, dimana bila fuel tercampur dengan fraksi ringan seperti kerosin, wash solvent maka kecenderungan angka titik nyala akan semakin turun.

#### e. Kalor Pembakaran

Maksud dari pengukuran kalor pembakaran biodiesel adalah untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat di bebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya proses pembakaran (Sinarep & Mirmanto, 2011). Nilai kalori adalah angka yang menyatakan jumlah panas/ kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalori bahan bakar minyak berkisar antara 10.160 - 11.000 Kkal/kg. Nilai kalori berbanding terbalik dengan berat jenis artinya semakin besar berat jenisnya maka semakin kecil nilai kalorinya. Sebagai contoh solar lebih berat daripada bensin, tetapi nilai kalorinya lebih besar bensin. Nilai kalori diperlukan untuk dasar perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan mesin dalam suatu periode tertentu, (Wardan S dan Zainal A, 2003: 16).

### 8. Analisis Spektrofotometer Infra Merah

Spektroskopi infra merah adalah alat yang digunakan untuk penentuan informasi struktur molekul suatu senyawa organik. Molekul – molekul organik yang mempunyai gugus fungsional mempunyai frekuensi vibrasi yang khusus. Gugus ini akan mengabsorpsi radiasi infra merah dan merubahnya menjadi energi vibrasi molekuler.

Apabila sinar infra merah dilewatkan melalui cuplikan, maka sejumlah molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Molekul - molekul tertentu dalam suatu senyawa

akan menyerap sinar infra merah pada frekuensi yang tertentu pula, jika dalam molekul tersebut ada transisi tenaga. Transisi yang terjadi dalam serapan infra merah berkaitan dengan perubahan-perubahan dalam vibrasinya.

Macam ikatan yang berbeda dalam suatu senyawa (C=C, C=C, CO, dll) mempunyai frekuensi yang berbeda pula. Hal ini dapat dideteksi dengan adanya frekuensi yang karakteristik sebagai pita adsorpsi dalam spektrum infra merah, sehingga dalam analisis kualitatif dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai struktur kimia dari suatu molekul. Informasi tentang struktur dari senyawa organik dapat dilakukan melalui interpretasi spektrum infra merah menggunakan tabel korelasi infra merah yang memuat informasi tempat gugus fungsional menyerap sinar seperti yang disajikan dalam Tabel 3 (Hardjono Sastromidjojo, 1991: 99).

Tabel 3. Daftar Korelasi Spektrum Infra Merah

| Jenis Vibrasi                                | Frekuensi ( cm-1 ) | Panjang Gelombang ( $\mu$ ) |
|--|--------------------|-----------------------------|
| C = O  |                    |                             |
| Aldehida                                     | 1740 - 1720        | 5,75 - 5,81                 |
| Keton  | 1725 - 1705        | 5,80 - 5,87                 |
| Asam Karboksilat                             | 1725 - 1700        | 5,80 - 5,88                 |
| Ester  | 1750 - 1730        | 5,71 - 5,78                 |
| C-O (Aldehyd, Ester, Eter, Asam Karboksilat) | 1300 - 1000        | 7,69 - 10,0                 |
| C - H Alkana                                 | 3000 - 2850        | 3,33 - 3,51                 |
| -CH <sub>3</sub>                             | 1450 - 1375        | 6,90 - 7,27                 |
| -CH <sub>2</sub>                             | 1465               | 6,83                        |
| Alkena                                       | 3100 - 3000        | 3,23 - 3,33                 |
| C = C Alkena                                 | 1680 - 1600        | 5,95 - 6,25                 |
| Aromatik                                     | 1600 - 1475        | 6,25 - 6,78                 |

## B. Penelitian yang Relevan

Menurut Boy Arief Fachri (2006: 98-105) dalam penelitiannya tentang pembuatan biodiesel dari minyak dedak padi menyatakan bahwa laju reaksi semakin cepat dengan bertambahnya suhu reaksi, volume metanol yang ditambahkan, berat katalis yang digunakan, dan kecepatan pengadukan.

Kusmiyati (2008: 78-82) dalam penelitiannya yang berjudul “Reaksi Katalis Esterifikasi Asam Oleat dan Metanol Menjadi Biodiesel dengan Metode Destilasi Reaktif dengan Variabel Percobaan Meliputi Rasio Asam Oleat:Metanol, Temperatur, serta Berat Katalisator” menunjukkan bahwa semakin tinggi perbandingan reaktan, berat katalis, dan temperatur maka konversi biodiesel yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Heny Dewajani (2008: 101-117) dengan judul “Potensi Minyak Biji Randu (*Ceiba pentandra L.*) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel” menunjukkan bahwa Biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai macam minyak nabati salah satunya minyak biji randu.

Penelitian yang berjudul “Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (jelantah) dan Metanol dengan Katalisator KOH” yang dilakukan Murni Yuniwati & Amelia Abdul Karim (2009: 130-136) menunjukkan katalisator KOH dapat mempercepat reaksi ke arah kanan antara trigliserida dan alkohol. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa katalis KOH dapat memperlambat reaksi ke arah kiri yaitu reaksi

antara gliserol dan ester.

Seno Darmanto (2010: 91-95) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kualitastik Biodiesel Kapuk Randu sebagai Bahan Bakar Diesel” menggunakan variabel komposisi minyak kapuk randu, metanol, dan katalis NaOH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum dalam pembuatan biodiesel adalah 80 % minyak kapuk randu, 20 % metanol, dan 2 gram katalis NaOH tiap 100 ml metanol.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung Tri Prasetya (2012: 98-103) tentang sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk dengan katalis zeolit sekam padi menunjukkan diperoleh biodiesel dengan komposisi metil ester yang terbentuk, yaitu metil ester palmitat, metil ester linoleat, dan metil ester oleat dengan rendemen biodiesel sebesar 21,94%.

Penelitian ini menggunakan variasi kosentrasi katalis KOH dalam % b/b seperti yang dilakukan oleh Boy Arief Fachri (2006: 98-105) dan Kusmiyati (2008: 78-82) dalam penelitiannya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kapuk yang memiliki kandungan minyak seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Heny Dewajani (2008: 101-117). Katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini adalah KOH yang didasari dari hasil penelitian Murni Yuniwati & Amelia Abdul Karim (2009: 130-136). Perbandingan berat minyak dan methanol yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Seno Darmanto (2010: 91-95). Metil ester yang dianalisis

dibatasi karena berdasarkan penelitian Muhammad Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung Tri prasetya (2012: 98-103) hanya beberapa senyawa metil ester yang terbentuk. Penelitian R Wahid Hanafi (2013: 66), menyimpulkan bahwa konsentrasi katalis dan lama pengadukan mempengaruhi hasil pengujian massa jenis, viskositas, kalor pembakaran, titik tuang, dan angka asam. Penelitian yang dilakukan oleh Endang Dwi Siswani, Susila Kristianingrum & Siti Marwati (2012: 14) dengan judul: Pengaruh Suhu dan Waktu Proses Terhadap Karakter Biodiesel Hasil Sintesa dari Minyak Biji Ketapang, menyimpulkan bahwa ada pengaruh suhu dan waktu proses terhadap karakter biodiesel yang dihasilkan.

Pernah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi KOH dan lama pengadukan pada sintesis biodiesel dengan bahan baku biji kapuk, perbedaan dengan penelitian ini adalah pada cara pengambilan minyak dari biji kapuk. Dalam penelitian kali ini, pengambilan minyak dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan sohklet, sedangkan pada penelitian terdahulu (Wahid, 2013) menggunakan cara pres.

### **C. Kerangka Berfikir Ilmiah**

Tumbuhan kapuk (*Cieba Pentandra L*) merupakan tumbuhan yang hidup di daerah tropis seperti Indonesia. Biji dari tanaman ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa biji kapuk mengandung minyak sebanyak 25-40%. Minyak yang terkandung dalam biji kapuk tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel.

Pengambilan minyak biji kapuk dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, salah satunya melalui metode ekstraksi. Minyak biji kapuk yang telah terambil digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi. Minyak biji kapuk direaksikan dengan metanol dan diberi katalis.

Pada proses reaksi transesterifikasi digunakan katalis basa yakni KOH. Reaksi akan berlangsung menggunakan suhu 50°C dengan variasi waktu lama pengadukan yaitu 50, 75, 100 dan 125 menit. Pengujian biodiesel hasil transesterifikasi dilakukan dengan instrumen spektroskopi Infra Merah. Uji karakter biodiesel yang dihasilkan berupa massa jenis, viskositas, kalor pembakaran, titik tuang, dan titik nyala.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **A. Subjek dan Objek Penelitian**

#### 1. Subjek

Subjek dari penelitian ini adalah biji kapuk (*Ceiba pentandra L.*).

#### 2. Objek

Objek penelitian ini adalah biodiesel dari minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra. L.*) hasil reaksi transesterifikasi

### **B. Variabel Penelitian**

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi yakni 50, 75, 100, dan 125 menit

#### 2. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah konsentrasi KOH dan jenis alkohol yang digunakan yakni metanol.

#### 3. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah karakter biodiesel yang dihasilkan, meliputi: massa jenis, viskositas, titik tuang (*Pour Point*), titik nyala (*Flash Point*) dan kalor pembakaran.

### **C. Alat dan Bahan Penelitian**

#### 1. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: seperangkat alat ekstraksi sokhlet, bom kalorimeter di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UGM,

neraca analitik, oven, corong, corong pisah, gelas ukur, *magnetic stirrer*, labu leher tiga, statif dan klem, mantel pemanas, *beaker glass*, pipet tetes, pipet gondok, pro pipet, termometer, penangas air, kaca arloji, Oswald, Erlenmeyer, dan buret.

## **2. Bahan yang digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kapuk, kristal KOH, metanol, akuades, larutan NaOH 0,1 N, pelarut n-heksan, indikator PP, etanol 96%, Kristal asam oksalat.

### **D. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, LPPT Unit I UGM, Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas, dan Batubara Jurusan Teknik Kimia FT UGM, dan Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Pusat Studi Ilmu Teknik UGM.

### **E. Prosedur Penelitian**

#### **1. Preparasi Sampel Biji Kapuk**

Biji kapuk diambil dari pohon kapuk di wilayah Gunungkidul DIY. Biji kapuk yang digunakan merupakan biji kapuk yang sudah tua. Pengambilan sampel dilakukan secara acak atau biasa disebut teknik random sampling. Sampel yang diambil dianggap mewakili dari biji kapuk yang ada di wilayah Gunungkidul DIY. Biji kapuk ini kemudian diberi perlakuan awal yaitu dikeringkan dibawah sinar matahari selama

kurang lebih 7 hari. Setelah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan disaring supaya ukuran serbuk biji kapuk homogen.

## 2. Ekstraksi Sokhlet

- a. Sampel biji kapuk yang sudah halus dan kering di timbang sebanyak 60 gram kemudian dibungkus dengan kertas saring.
- b. Sampel tersebut kemudian dimasukkan dalam selongsong ekstraktor sokhlet.
- c. Labu ekstraksi diisi dengan pelarut n-heksan sebanyak 300 mL.
- d. Sampel kemudian diekstrak selama 4jam atau sebanyak 50 siklus.
- e. Hasil ekstraksi berupa pelarut dan zat terlarut yang kemudian dipisahkan menggunakan evaporator buchii hingga didapatkan minyak biji kapuk.

## 3. Penentuan Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Biji Kapuk

- a. Minyak biji kapuk ditimbang sebanyak 28,2 gram kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
- b. Ditambahkan 50 ml alkohol (etanol) netral yang sudah dipanaskan dan 3 tetes indikator phenolphtalein.
- c. Campuran dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N yang sudah distandarisasi sampai diperoleh warna merah jambu dan tidak hilang selama 30 detik.
- d. Langkah tersebut dilakukan sebanyak 3 kali.
- e. Dilakukan perhitungan untuk menentukan kadar FFA minyak biji kapuk randu

4. Reaksi Transesterifikasi (Modifikasi menurut Hisar Tambun, 2009:27)
- a. Minyak biji kapuk ditimbang dengan neraca analitik sebesar 80 gram
  - b. Katalis KOH ditimbang sebanyak 0,6 gram, dan dilarutkan ke dalam metanol yang akan dicampurkan ketika transesterifikasi dengan berat metanol sebesar 16 gram.
  - c. Minyak biji kapuk yang telah ditimbang kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai  $\pm 50$  °C. Pemanasan dilakukan dengan *waterbath* dan dilengkapi *magnetic stirrer*.
  - d. Setelah suhu tersebut tercapai, campuran katalis KOH dan metanol dimasukkan ke dalam minyak biji kapuk lalu diaduk selama 50, 75, 100 dan 125 menit.
  - e. Setelah itu, campuran didinginkan, dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian biodiesel terbentuk pada lapisan bagian atas dan gliserol pada lapisan bagian bawah lalu dipisahkan.
  - f. Selanjutnya dilakukan proses pencucian biodiesel dengan menambahkan sejumlah air lalu didiamkan selama 24 jam.
  - g. Selanjutnya dilakukan proses pemurnian biodiesel dengan cara memanaskan biodiesel pada suhu 110 °C hingga diperoleh berat yang konstan.
  - h. Langkah tersebut dilakukan untuk semua perlakuan sehingga diperoleh biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>.

## 5. Analisis Parameter Biodiesel

Parameter biodiesel yang diteliti meliputi:

### a. Penentuan Massa Jenis

- 1) Piknometer dibersihkan lalu dikeringkan
- 2) Piknometer tersebut ditimbang dalam keadaan kosong (massa piknometer kosong/ $P_o$ ).
- 3) Piknometer diisi dengan biodiesel hingga penuh dan tidak ada gelembung udara didalamnya.
- 4) Piknometer tersebut kemudian direndam dalam bak air pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit.
- 5) Setelah direndam lalu piknometer tersebut dikeringkan kemudian ditimbang (massa piknometer isi/ $P_i$ ). Massa jenis biodiesel dihitung dengan mencari selisih massa piknometer isi dikurangi massa piknometer kosong per volume piknometer.
- 6) langkah tersebut dilakukan pada sampel biodiesel yang lain.
- 7) Dilakukan perhitungan untuk menentukan massa jenis biodiesel  $B_A$ ,  $B_B$ ,  $B_C$  dan  $B_D$ .

### b. Penentuan Viskositas

- 1) Massa jenis aquades ditentukan terlebih dahulu.
- 2) Alat Oswald diisi dengan *aquadest* secukupnya dan menaikkan aquades lebih tinggi dari tanda paling atas.
- 3) Lubang ditutup dengan jari lalu jari dilepaskan dan *stopwatch* dihidupkan ketika air tepat pada tanda bawah dan menghitung

waktu yang diperlukan untuk mengalir.

- 4) Langkah tersebut dilakukan dengan mengganti akuades dengan sampel biodiesel yang lain.
- 5) Dilakukan perhitungan untuk menentukan viskositas biodiesel  $B_A$ ,  $B_B$ ,  $B_C$  dan  $B_D$

c. Penentuan Titik Tuang (*Pour Point*).

- 1) Sampel dituang ke dalam wadah kemudian dipanaskan dalam waterbath hingga suhu mencapai 115 °F lalu didinginkan hingga suhu 90 °F.
- 2) Sampel dimasukkan ke dalam alat pengukur kemudian temperatur alat mulai diturunkan.
- 3) Setiap penurunan suhu 5°F dilakukan pengecekan kebekuan dengan memiringkan wadah sampel. Bila sampel sudah mulai membeku dicatat sebagai temperatur titik tuang.
- 4) langkah tersebut diatas dilakukan pada biodiesel yang lain.
- 5) Dilakukan perhitungan untuk menentukan titik tuang biodiesel.

d. Penentuan Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala ditentukan dengan jalan memanaskan contoh yang ditempatkan di dalam cawan dengan kecepatan pemanasan yang tetap, yaitu 5-6°C/menit untuk alat uji Cleveland dan Pensky Martens; 1°C/menit untuk alat uji Abel. Selanjutnya pada kenaikan suhu tertentu setelah contoh mencapai suhu tertentu 17-28°C di bawah flash point yang diperkirakan untuk alat uji Cleveland dan Pensky Martens;

9°C di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk alat uji Abel, nyala uji diarahkan pada permukaan contoh untuk setiap kenaikan suhu 2°C untuk alat uji Cleveland dan Pensky Martens, dan setiap kenaikan suhu 0,5°C untuk alat uji Abel. Suhu paling rendah dimana uap minyak dalam campurannya dengan udara menyala, dicatat sebagai titik nyala.

e. Penentuan Kalor Pembakaran

- 1) Sampel biodiesel disiapkan sesuai dengan kondisi alat yang akan digunakan (bom calorimeter).
- 2) Sampel yang telah disiapkan, dimasukkan dalam bom calorimeter untuk mendapatkan nilai kalor pembakaran.

6. Analisis dengan Spektroskopi IR

Minyak biji kapuk dan sample biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, B<sub>D</sub> hasil transesterifikasi disiapkan, kemudian masing-masing biodiesel dianalisis menggunakan spektroskopi IR

**F. Teknik Analisis Data**

**1. Penentuan FFA minyak biji kapuk**

Penentuan FFA minyak biji kapuk dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{FFA} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{BM asam lemak}}{W \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan :  $V$  = Volume titrasi NaOH (mL)

$\text{BM}$  = Berat Molekul asam lemak (gram/mol)

$W$  = massa sampel biodiesel (gram)

## 2. Penentuan rendemen biodiesel

Penentuan rendemen biodiesel dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{rendemen biodiesel} = \frac{\text{Massa biodiesel}}{\text{massa minyak}} \times 100\%$$

## 3. Penentuan Massa Jenis

Penentuan massa jenis menggunakan rumus:

$$\rho_a = \frac{M_x - M_0}{V_p}$$

Keterangan :

$V_p$  = volume piknometer yang digunakan (mL)

$M_x$  = massa piknometer + aquades (gram)

$M_0$  = massa piknometer kosong (gram)

$\rho_a$  = massa jenis aquades pada suhu 25°C (gram.ml<sup>-1</sup>)

## 4. Penentuan Viskositas

Penentuan viskositas dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta_1 = \frac{\eta_2 \rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

Keterangan :

$\eta_1$  = viskositas biodiesel (cSt atau g cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>)

$\eta_2$  = viskositas cairan pembanding yaitu air (cSt atau g cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>)

$\rho_1$  = massa jenis biodiesel (kg/m<sup>3</sup>)

$t_1$  = waktu alir biodiesel melalui kapiler (detik)

$t_2$  = waktu alir air melalui kapiler (detik)

## **5. Penentuan Titik Tuang**

Sampel dituang ke dalam wadah kemudian dipanaskan dalam waterbath sampai temperatur 115°F, lalu didinginkan hingga temperatur 90°F. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam alat pengukur lalu temperatur alat mulai diturunkan. Setiap penurunan temperatur 5°F dilakukan pengecekan kebekuan dengan memiringkan wadah sampel. Bila sampel sudah mulai menimbulkan kabut pada dinding alat pengukur temperatur tersebut dicatat sebagai titik kabut dan temperatur dimana sampel mulai membeku dicatat sebagai titik tuang. Ulangi langkah ini untuk sampel biodiesel yang lain.

## **6. Penentuan Titik nyala**

Sampel dimasukkan dalam wadah alat Pensky-Martens closed up. Kemudian alat dihubungkan dengan pompa dan tangki bensin, ujung penyalu dinyalakan, termometer dipasang serta pemanas dan pengaduk dijalankan. Setiap kenaikan temperatur 5°F, pengaduk dimatikan dan ujung nyala ditundukkan ke permukaan sampel untuk mengecek nyala. Temperatur pertama kali munculnya nyala dicatat sebagai titik nyala. Ulangi langkah ini untuk biodiesel yang lain.

## **7. Penentuan Kalor Pembakaran**

Mempersiapkan sampel biodiesel, sesuai dengan kondisi alat yang akan digunakan (*bom calorimeter*). Sampel yang telah disiapkan, dimasukkan dalam bom calorimeter untuk mendapatkan nilai kalor pembakaran. Ulangi cara kerja ini untuk biodiesel yang lain.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

#### 1. Karakteristik Minyak Biji Kapuk Hasil Proses Ekstraksi

Minyak biji kapuk randu diambil menggunakan metode ekstraksi sokhlet. Sebanyak 60 gram biji kapuk diekstrak menggunakan pelarut *n*-heksana selama 4 jam atau sekitar 70-80 sirkulasi. Hasil ekstraksi kemudian dievaporasi untuk memisahkan minyak biji kapuk dengan pelarutnya. Data hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Ekstraksi Sokhlet

|   | Massa biji kapuk (gram) | Massa minyak biji kapuk (gram) | Rendemen (%) | Rata-rata (%) |
|---|-------------------------|--------------------------------|--------------|---------------|
| 1 | 60,04                   | 19,3182                        | 32,1757      | 33,2623       |
| 2 | 60,06                   | 20,3689                        | 33,9144      |               |
| 3 | 60,03                   | 19,84                          | 33,0448      |               |
| 4 | 60,04                   | 20,3622                        | 33,9144      |               |

Data hasil uji massa jenis minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Massa jenis Minyak Biji Kapuk

| Kode sampel       | pengulangan | Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> ) | Massa jenis rata-rata (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-------------|----------------------------------|--|
| Minyak biji kapuk | 1           | 861,6                            | 861,57                                     |
|                   | 2           | 861,2                            |  |
|                   | 3           | 861,9                            |  |

Data hasil uji viskositas minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Viskositas Minyak Biji Kapuk

| Kode sampel       | pengulangan | Viskositas (cSt) | Viskositas rata-rata (cSt) |
|-------------------|-------------|------------------|----------------------------|
| Minyak biji kapuk | 1           | 4,2956           | 4,5974                     |
|                   | 2           | 4,9327           |                            |
|                   | 3           | 4,5641           |                            |

Data hasil uji asam lemak bebas (FFA) minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. FFA Minyak Biji Kapuk

| Kode sampel       | pengulangan | FFA (%) | FFA (%) |
|-------------------|-------------|---------|---------|
| Minyak biji kapuk | 1           | 3,9103  | 3,9121  |
|                   | 2           | 3,8878  |         |
|                   | 3           | 3,9380  |         |

Minyak biji kapuk dianalisis menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi pada minyak. Hasil interpretasi IR minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Interpretasi IR Minyak Biji Kapuk

| Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) | Interpretasi gugus fungsi |
|---|---------------------------|
| 3456,44                                 | Gugus -OH alkoholik       |
| 2924,08                                 | Gugus C-H                 |
| 2854,55                                 | Gugus C-H                 |
| 1743,65                                 | Gugus C=O karbonil        |
| 1651,07                                 | Gugus C=C                 |
| 1103,28                                 | Gugus C-O ester           |

## 2. Karakteristik Biodiesel Hasil Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi minyak biji kapuk dilakukan untuk memperoleh 4 jenis biodiesel yang berbeda. Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> dihasilkan dari proses reaksi transesterifikasi yang dilakukan dengan mereaksikan minyak biji kapuk dan metanol pada rasio 5 : 1 menggunakan katalis KOH 0,75% dari jumlah minyak biji kapuk yang digunakan. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 50° C dengan waktu lama pengadukan berturut-turut 50, 75, 100 dan 125 menit.

a. Rendemen Biodiesel

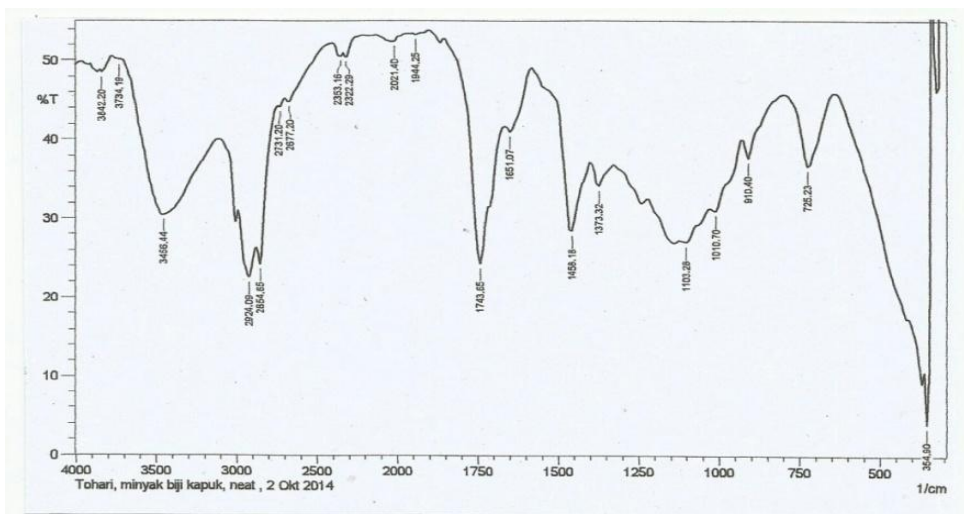
Data rendemen biodiesel yang terbentuk hasil proses transesterifikasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rendemen Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Kode sampel    | Pengulangan | Rendemen (%) | Rata-rata (%) |
|----------------|-------------|--------------|---------------|
| B <sub>A</sub> | 1           | 58,8446      | 59,1707       |
|                | 2           | 59,8670      |               |
|                | 3           | 58,8005      |               |
| B <sub>B</sub> | 1           | 61,2250      | 61,9456       |
|                | 2           | 63,3562      |               |
|                | 3           | 61,2556      |               |
| B <sub>C</sub> | 1           | 63,6007      | 64,6835       |
|                | 2           | 65,7446      |               |
|                | 3           | 64,7053      |               |
| B <sub>D</sub> | 1           | 65,7313      | 65,7525       |
|                | 2           | 66,7935      |               |
|                | 3           | 64,7327      |               |

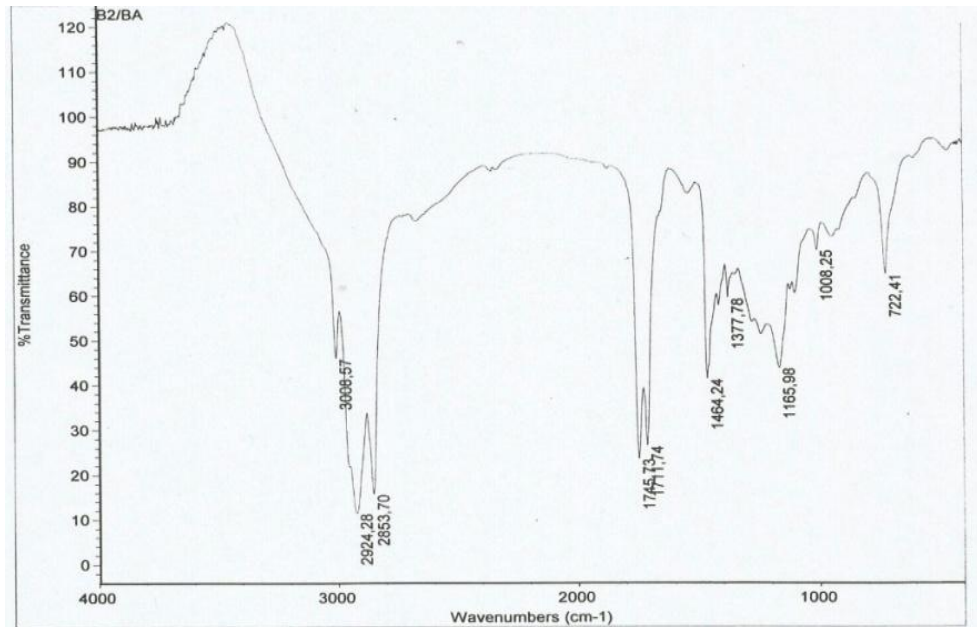
b. Spektrum FTIR Minyak Biji Kapuk Randu dan Biodiesel

Minyak biji kapuk randu dan biodiesel hasil proses transesterifikasi dianalisis menggunakan spektroskopi IR untuk menunjukkan adanya perbedaan spektrum IR antara minyak biji kapuk dengan biodiesel. Spektrum IR minyak biji kapuk randu dapat dilihat pada Gambar 8.



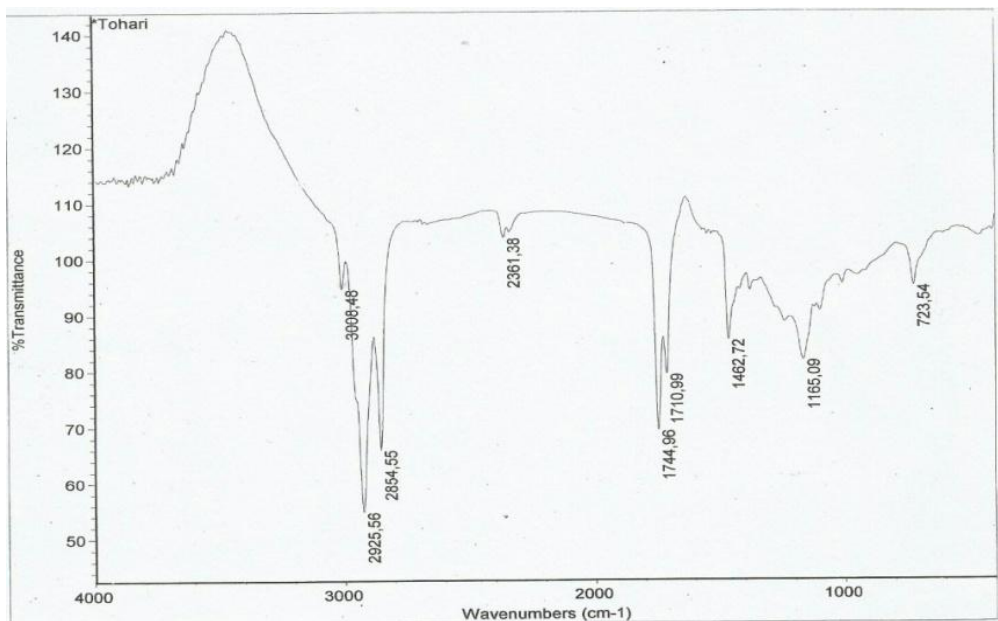
Gambar 8. Spektrum IR Minyak Biji Kapuk Randu

Spektrum IR biodiesel B<sub>A</sub> dengan waktu transesterifikasi 50 menit dapat dilihat pada Gambar 9.



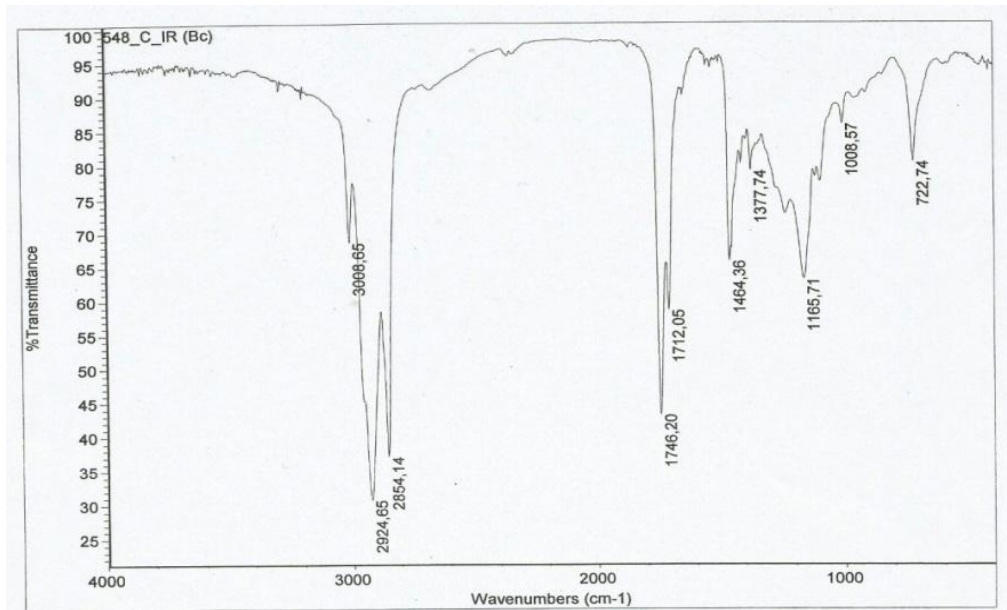
Gambar 9. Spektrum IR Biodiesel B<sub>A</sub> (waktu 50 menit)

Spektrum IR biodiesel B<sub>B</sub> dengan waktu transesterifikasi 75 menit dapat dilihat pada Gambar 10.



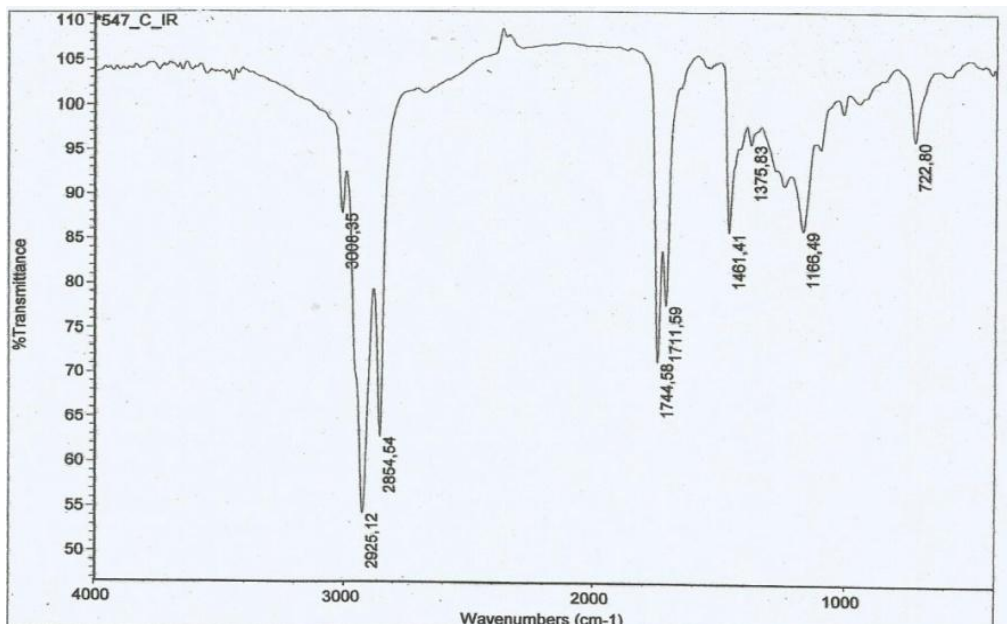
Gambar 10. Spektrum IR Biodiesel B<sub>B</sub> (waktu 75 menit)

Spektrum IR biodiesel B<sub>C</sub> dengan waktu transesterifikasi 100 menit dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Spektrum IR Biodiesel B<sub>C</sub> (waktu 100 menit)

Spektrum IR biodiesel B<sub>D</sub> dengan waktu transesterifikasi 125 menit dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Spektrum IR Biodiesel B<sub>D</sub> (waktu 125 menit)

Biodiesel hasil proses transesterifikasi diuji dengan berbagai parameter uji untuk menentukan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Analisis parameter biodiesel meliputi pengujian massa jenis, viskositas, titik tuang (*pour pint*), titik nyala (*flash point*) dan kalor pembakaran.

c. Massa jenis

Data hasil uji massa jenis biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 50 menit, 75 menit, 100 menit dan 125 menit disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Uji Massa Jenis Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Waktu (menit) | Kode           | Pengulangan | Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> ) | Massa jenis rata-rata (kg/m <sup>3</sup> ) | SNI 7182:2012 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|----------------|-------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| 50            | B <sub>A</sub> | 1           | 867,2                            | 867,23                                     | 850-890                            |
|               |                | 2           | 867,5                            |  |                                    |
|               |                | 3           | 867,0                            |  |                                    |
| 75            | B <sub>B</sub> | 1           | 867,6                            | 867,83                                     | 850-890                            |
|               |                | 2           | 867,9                            |  |                                    |
|               |                | 3           | 868,0                            |  |                                    |
| 100           | B <sub>C</sub> | 1           | 868,4                            | 868,73                                     | 850-890                            |
|               |                | 2           | 868,7                            |  |                                    |
|               |                | 3           | 869,1                            |  |                                    |
| 125           | B <sub>D</sub> | 1           | 868,8                            | 869,43                                     | 850-890                            |
|               |                | 2           | 869,3                            |  |                                    |
|               |                | 3           | 869,6                            |  |                                    |

d. Viskositas

Data hasil uji viskositas biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 50 menit, 75 menit, 100 menit dan 125 menit disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Uji Viskositas Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Waktu (menit) | Kode           | Pengulangan | Viskositas (cSt) | Viskositas rata-rata (cSt) | SNI 7182:2012 (cSt) |
|---------------|----------------|-------------|------------------|----------------------------|---------------------|
| 50            | B <sub>A</sub> | 1           | 9,0098           | 8,9089                     | 2,3-6,0             |
|               |                | 2           | 8,7828           |                            |                     |
|               |                | 3           | 8,9342           |                            |                     |
| 75            | B <sub>B</sub> | 1           | 9,0539           | 9,1458                     | 2,3-6,0             |
|               |                | 2           | 9,2054           |                            |                     |
|               |                | 3           | 9,1783           |                            |                     |
| 100           | B <sub>C</sub> | 1           | 9,5344           | 9,5650                     | 2,3-6,0             |
|               |                | 2           | 9,2907           |                            |                     |
|               |                | 3           | 9,8701           |                            |                     |
| 125           | B <sub>D</sub> | 1           | 9,8401           | 10,0893                    | 2,3-6,0             |
|               |                | 2           | 10,1435          |                            |                     |
|               |                | 3           | 10,2844          |                            |                     |

e. Titik tuang (*pour point*)

Data hasil uji titik tuang biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 50 menit, 75 menit, 100 menit dan 125 menit disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Data Hasil Uji Titik Tuang Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Waktu (menit) | Kode sampel    | Titik tuang (°C) |
|---------------|----------------|------------------|
| 50            | B <sub>A</sub> | -9               |
| 75            | B <sub>B</sub> | -6               |
| 100           | B <sub>C</sub> | -3               |
| 125           | B <sub>D</sub> | 36               |

f. Titik nyala (*flash point*)

Data hasil uji titik nyala biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 50 menit, 75 menit, 100 menit dan 125 menit disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Data Hasil Uji Titik Nyala Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Waktu (menit) | Kode           | Titik nyala (°C) | SNI 7182:2012 (°C) |
|---------------|----------------|------------------|--------------------|
| 50            | B <sub>A</sub> | 30,5             | Min 100            |
| 75            | B <sub>B</sub> | 36,5             |                    |
| 100           | B <sub>C</sub> | 33,5             |                    |
| 125           | B <sub>D</sub> | 46,5             |                    |

g. Kalor pembakaran

Data hasil uji kalor pembakaran biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 50 menit, 75 menit, 100 menit dan 125 menit disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Data Hasil Uji Kalor Pembakaran Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

| Waktu (menit) | Kode           | Pengulangan | Kalor pembakaran (kal/g) | Kalor pembakaran rata-rata (kal/g) |
|---------------|----------------|-------------|--------------------------|------------------------------------|
| 50            | B <sub>A</sub> | 1           | 9402,591                 | 9575,612                           |
|               |                | 2           | 9748,633                 |                                    |
| 75            | B <sub>B</sub> | 1           | 9898,926                 | 9911,9105                          |
|               |                | 2           | 9924,895                 |                                    |
| 100           | B <sub>C</sub> | 1           | 9356,864                 | 9309,708                           |
|               |                | 2           | 9262,552                 |                                    |
| 125           | B <sub>D</sub> | 1           | 9352,894                 | 9263,381                           |
|               |                | 2           | 9173,868                 |                                    |

## B. Pembahasan

Pembuatan biodiesel dengan menggunakan bahan minyak biji kapuk dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

### 1. Karakteristik Minyak Biji Kapuk Hasil Proses Ekstraksi

Dalam hal ini ekstraksi sokhlet bertujuan untuk mengambil minyak yang terdapat dalam serbuk biji kapuk dengan jenis pelarut tertentu dan waktu yang tertentu pula. Prinsip ekstraksi tersebut terletak pada sifat

kelarutan dari komponen yang diambil (minyak) dengan zat cair sebagai pelarutnya (n-heksana). Pada dasarnya suatu bahan akan mudah larut dalam pelarut yang sama polaritasnya (Slamet Sudarmadji dkk, 1989:100). Jenis pelarut yang digunakan dalam ekstraksi ini adalah n-heksana, karena bersifat non polar sama seperti minyak dan harganya relatif murah. Sedangkan waktu ekstraksi yang dipilih adalah 4 jam atau sekitar 70-80 kali sirkulasi.

Hasil ekstraksi sokhlet ini berupa campuran minyak dan pelarut yang homogen sehingga perlu dipisahkan. Pemisahan campuran ini dilakukan menggunakan alat evaporator buchii. Minyak yang diperoleh diasumsikan sebagai minyak murni dengan rendemen 33,2623%. Nilai massa jenis pada minyak biji kapuk sebesar  $861,57 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas minyak sebesar 4,5974 cst. Selanjutnya minyak biji kapuk dilakukan uji kadar asam lemak bebas (FFA) untuk menentukan metode dalam pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini didapatkan FFA minyak biji kapuk sebesar 3,9121%, sehingga bisa langsung digunakan metode transesterifikasi. Minyak biji kapuk dianalisis menggunakan spektroskopi infra merah untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam minyak. Hasil interpretasi IR minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan interpretasi bahwa minyak biji kapuk mempunyai karakteristik gugus -OH alkoholik dari asam lemak bebas. Diperkuat dengan C=C asam lemak tidak jenuh yang merupakan ciri dari minyak biji kapuk, serta gugus C=O dan C-O ester merupakan karakteristik minyak.

## 2. Karakteristik Biodiesel Hasil Proses Transesterifikasi

Minyak yang sudah dipisahkan dari pelarutnya melalui tahap evaporasi diasumsikan sebagai minyak biji kapuk murni. Minyak tersebut kemudian ditransesterifikasi untuk memperoleh biodiesel. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi pertukaran gugus alkohol secara langsung atau dapat pula digambarkan sebagai reaksi pertukaran gugus antara dua buah ester yang hanya dapat terjadi apabila terdapat katalis.

Reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan alat reflux dengan berbagai variasi waktu yaitu 50, 75, 100 dan 125 menit pada suhu sekitar 50° C. Campuran yang terbentuk didinginkan dan didiamkan selama satu malam. Campuran tersebut akan membentuk biodiesel pada lapisan atas dan gliserol pada lapisan bawah.

Campuran biodiesel dan gliserol dipisahkan menggunakan corong pisah. Biodiesel kemudian dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan gliserol yang tersisa dalam biodiesel. Proses pencucian ini dilakukan berulang kali hingga biodiesel bebas dari sisa gliserol. Biodiesel yang sudah bersih memiliki ciri jika ditambahkan akuades kembali tidak ada buih sabun yang terbentuk. Biodiesel yang sudah bebas dari gliserol kemudian dipanaskan pada suhu 110° C selama kurang lebih 1 jam hingga diperoleh berat yang konstan. Pemanasan ini dilakukan untuk menghilangkan sisa akuades sehingga biodiesel bebas dari air. Hasil yang diperoleh diasumsikan sebagai biodiesel murni.

a. Rendemen biodiesel

Reaksi transesterifikasi yang dilakukan dengan waktu lama pengadukan 50 menit ( $B_A$ ), 75 menit ( $B_B$ ), 100 menit ( $B_C$ ), dan 125 menit ( $B_D$ ) dihasilkan biodiesel berturut-turut sebanyak 59,1707; 61,9456; 64,6835 dan 65,7525 gram.

Secara teoritis, waktu transesterifikasi suatu proses akan mempengaruhi jumlah rendemen biodiesel yang dihasilkan yaitu semakin lama proses transesterifikasi berlangsung maka semakin besar pula rendemen produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini rendemen produk biodiesel yang dihasilkan yaitu  $B_A < B_B < B_C < B_D$ . Semakin lama waktu transesterifikasi maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan, ester yang dihasilkan meningkat sehingga diperoleh produk yang semakin banyak. Hal ini diperkuat oleh spektrum FTIR dari intensitas gugus ester  $-CO-O$  pada bilangan gelombang  $1740\text{ cm}^{-1}$ .

b. Analisis Spektroskopi FTIR Minyak Biji Kapuk Randu dan Biodiesel

Analisis spektroskopi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi suatu molekul senyawa organik tertentu. Senyawa yang diharapkan ada dalam analisis FTIR ini adalah senyawa ester yang ditunjukkan dengan adanya gugus fungsional  $-C(O)-O-$ . Adanya senyawa ester menunjukkan telah terbentuknya biodiesel. Analisis menggunakan spektroskopi FTIR juga dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan antara spektra yang dihasilkan dari minyak biji

kapuk dan biodiesel. Perbedaan tersebut untuk mengetahui perubahan spektra yang terjadi dari minyak biji kapuk menjadi biodiesel.

Pada hasil penelitian ini terlihat bahwa spektrum antara minyak biji kapuk dengan biodiesel yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Pada spektrum biodiesel terlihat puncak-puncak yang lebih tajam daripada spektrum pada minyak, selain itu dengan tidak adanya gugus -OH alkoherik pada sampel biodiesel menunjukkan bahwa biodiesel sudah terbentuk. Perbedaan spektrum antara minyak biji kapuk dengan biodiesel menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi telah berlangsung yang diperkuat oleh adanya senyawa ester dari biodiesel. Perbandingan hasil analisis FTIR pada minyak biji kapuk dengan biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> ditunjukkan oleh Tabel 15.

Tabel 15. Interpretasi Spektrum IR Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>

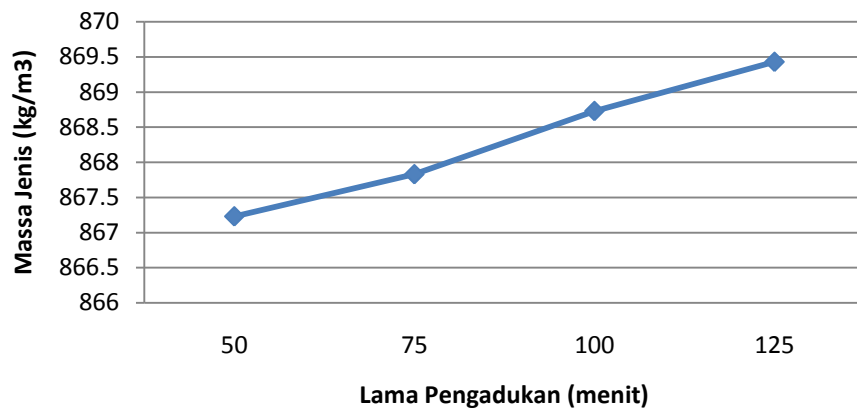
| Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> ) | B <sub>A</sub>        | B <sub>B</sub>        | B <sub>C</sub>        | B <sub>D</sub>        |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3008                                   | Gugus -OH dari -CO-OH | Gugus -OH dari -CO-OH | Gugus -OH dari -CO-OH | Gugus -OH dari -CO-OH |
| 2920                                   | Gugus C-H             | Gugus C-H             | Gugus C-H             | Gugus C-H             |
| 2850                                   | Gugus C-H             | Gugus C-H             | Gugus C-H             | Gugus C-H             |
| 1740                                   | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           |
| 1710                                   | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           | Gugus -CO-O           |
| 1600                                   | Gugus C=C             | Gugus C=C             | Gugus C=C             | Gugus C=C             |
| 1160                                   | Gugus C-O ester       | Gugus C-O ester       | Gugus C-O ester       | Gugus C-O ester       |

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan spektrum dari minyak biji kapuk menjadi biodiesel. Gugus -OH alkoherik pada minyak telah berubah menjadi gugus -CO-O pada sampel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub>. Hal ini mengindikasikan bahwa pada

keempat sampel tersebut sudah terbentuk metil ester atau biodiesel. Metil ester adalah hasil produk transesterifikasi dari trigliserida dan metanol.

c. Massa jenis

Massa jenis berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel pada setiap satuan volume bahan bakar. Uji massa jenis biodiesel dilakukan menggunakan piknometer. Konsep dari perhitungan massa jenis ini adalah membandingkan massa zat dengan volume zat tersebut. Pengujian massa jenis dilakukan pada suhu kamar  $25^{\circ}\text{C}$ , namun dalam SNI 7182:2012 diharapkan pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  sehingga perlu dikonversi ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengujian massa jenis untuk Biodiesel  $B_A$ ,  $B_B$ ,  $B_C$ , dan  $B_D$  dapat ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan Massa Jenis Biodiesel dengan Waktu Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan hasil pengujian biodiesel  $B_A$ ,  $B_B$ ,  $B_C$  dan  $B_D$  dengan perbedaan waktu lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi akan menghasilkan nilai massa jenis yang berbeda walaupun hanya sedikit. Penelitian ini menunjukkan semakin lama waktu pengadukan

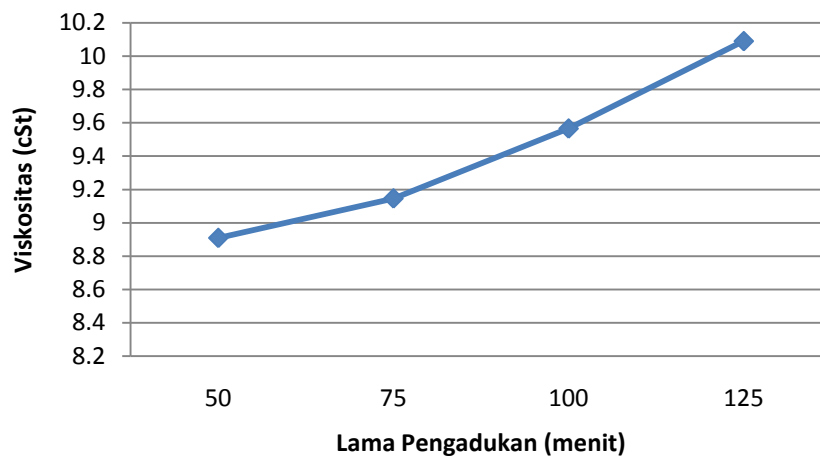
yang dilakukan pada saat proses transesterifikasi akan memberikan nilai massa jenis biodiesel yang semakin besar. Hasil uji F (anova A) dengan tingkat signifikansi 0,05 menunjukkan adanya perbedaan nilai massa jenis diantara biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>, sedangkan biodiesel B<sub>A</sub> dan B<sub>B</sub> menunjukkan nilai massa jenis yang sama.

Didalam SNI 7182:2012 tentang biodiesel ditunjukkan nilai massa jenis biodiesel pada 40° C antara 850-890 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengujian biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> sudah memenuhi spesifikasi SNI 7182:2012. Hal ini menunjukkan waktu pengadukan pada reaksi transesterifikasi selama 50, 75, 100, dan 125 menit menghasilkan biodiesel dengan nilai massa jenis sesuai dengan SNI 7182:2012.

#### d. Viskositas

Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan gesek dari cairan (Dita Victari, 2011: 35). Semakin tinggi nilai viskositas biodiesel maka kekentalan biodiesel semakin tinggi sehingga kemampuan alir biodiesel semakin kecil. Viskositas berbanding lurus dengan massa jenis. Semakin besar massa jenis maka viskositas bahan bakar juga semakin besar (Fashihatul Aini, 2013: 37). Pada umumnya bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi, tetapi bahan bakar yang viskositasnya terlalu rendah akan memberikan pelumasan yang buruk dan mengakibatkan kebocoran pada pompa. Sebaliknya

viskositas yang tinggi akan mengakibatkan proses pembakaran yang tidak sempurna karena bahan bakar lambat mengalir dan lebih sulit teratomisasi (Fashiatul Aini dan Siti Tjahyani, 2013: 27-28). Hasil pengujian biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> secara berturut-turut mengalami kenaikan nilai viskositas. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan waktu lama pengadukan yang dilakukan pada reaksi transesterifikasi akan menghasilkan nilai viskositas yang berbeda. Hasil uji viskositas biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> menggunakan alat tabung Oswald dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hubungan Viskositas Biodiesel dengan Waktu Reaksi Transesterifikasi

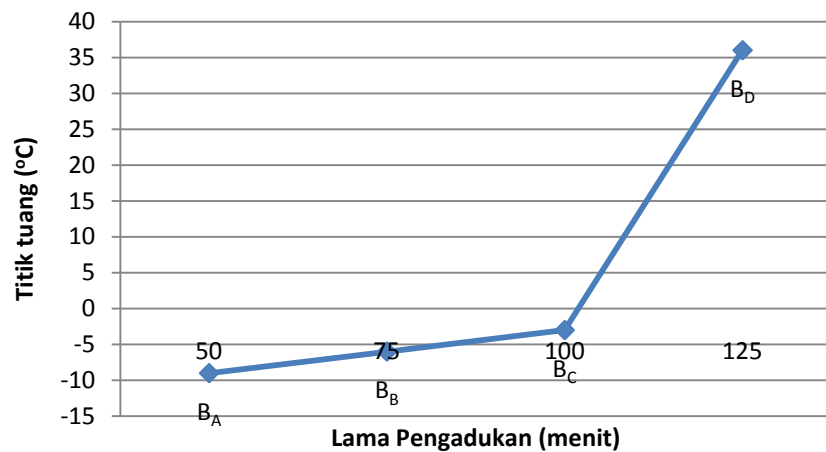
Penelitian ini memberikan hasil semakin lama pengadukan yang dilakukan pada saat proses transesterifikasi akan menghasilkan viskositas biodiesel yang semakin besar. Hasil uji F (anova A) dengan tingkat signifikansi 0,05 menunjukkan adanya perbedaan nilai viskositas

di antara biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>, sedangkan biodiesel B<sub>A</sub> dan B<sub>B</sub> menunjukkan nilai viskositas yang sama.

Nilai standar SNI 7182:2012 tentang biodiesel menunjukkan viskositas biodiesel pada 40 °C antara 2,3-6 cSt. Hasil pengujian yang dilakukan pada biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> memiliki viskositas yang melebihi nilai viskositas pada SNI 7182:2012. Hal ini menunjukkan waktu pengadukan yang dilakukan pada reaksi transesterifikasi selama 50, 75, 100, dan 125 menit menghasilkan biodiesel dengan nilai viskositas yang belum sesuai dengan SNI 7182:2012. Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> memiliki viskositas yang tinggi sehingga pembakarannya tidak sempurna karena sulit dipompakan ke dalam ruang bakar mesin dan sulit teratomisasi. Apabila biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> akan digunakan maka perlu dicampur dengan bahan bakar solar untuk mendapatkan viskositas lebih rendah.

e. Titik tuang

Titik tuang merupakan temperatur terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran bahan bakar. Kemampuan mengalir biodiesel pada temperatur titik tuang akan mengalami penurunan daripada saat temperatur normal. Hal ini karena pada kondisi temperatur titik tuang biodiesel akan terbentuk gel sehingga dapat menghambat laju aliran biodiesel. Hasil pengujian titik tuang biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> tertera pada Gambar 15.



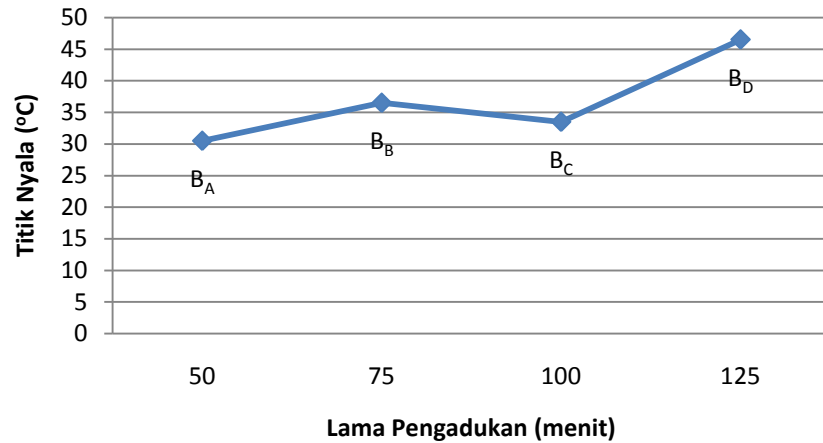
Gambar 15. Grafik Hubungan Titik Tuang Biodiesel dengan Waktu Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan hasil pengujian titik tuang biodiesel yang dilakukan menurut metode pemeriksaan IKU/5.4/TK-03/D97, diperoleh nilai titik tuang biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> secara berturut-turut mengalami kenaikan. Lama pengadukan pada proses transesterifikasi 50, 75 dan 100 menit sudah memenuhi standar biodiesel yaitu berada pada kisaran -15 – 13°C (*Crimson Renewable energy*), sedangkan pada biodiesel B<sub>D</sub> dengan waktu lama pengadukan pada proses transesterifikasi 125 menit belum memenuhi standar biodiesel karena memiliki titik tuang yang besar yaitu 36°C, yang berada di atas standar biodiesel. Nilai titik tuang yang tinggi menyebabkan biodiesel mudah membentuk gel pada suhu yang rendah.

f. Titik nyala

Titik nyala merupakan angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dapat terbakar bila pada permukaan minyak tersebut didekatkan dengan nyala api. Titik nyala diperlukan untuk

keperluan keamanan dalam penanganan minyak terhadap bahaya kebakaran (Wardan S dan Zaenal A, 2003: 17). Hasil pengujian titik nyala biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> tertera pada Gambar 16.

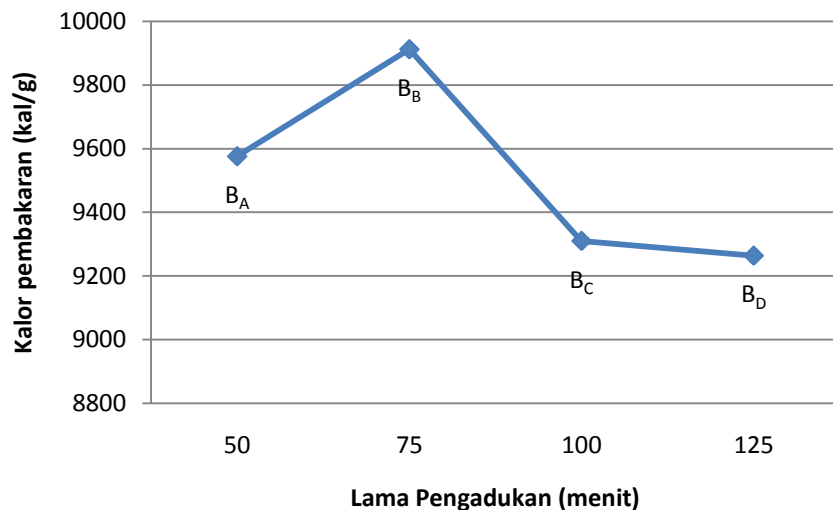


Gambar 16. Grafik Hubungan Titik Nyala Biodiesel Dengan Waktu Transesterifikasi

Berdasarkan hasil pengujian titik nyala biodiesel yang dilakukan menurut metode pemeriksaan IKU/5.4/TK-04/D97, diperoleh nilai titik nyala biodiesel B<sub>A</sub> sebesar 30,5 °C, titik nyala biodiesel B<sub>B</sub> sebesar 36,5 °C, titik nyala biodiesel B<sub>C</sub> sebesar 33,5 °C dan titik nyala biodiesel B<sub>D</sub> sebesar 46,5 °C. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu transesterifikasi 50, 75, 100, dan 125 menit belum memberikan nilai titik nyala sesuai SNI 7182:2012 yaitu minimal 100 °C. Keempat biodiesel mempunyai titik nyala yang rendah sehingga mengakibatkan biodiesel tersebut mudah terbakar. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dipergunakan pencampuran biodiesel dengan solar agar diperoleh titik nyala yang lebih tinggi.

g. Kalor pembakaran.

Nilai kalori adalah angka yang menyatakan jumlah panas/ kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalori diperlukan untuk dasar perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan mesin dalam suatu periode tertentu. Nilai kalori bahan bakar minyak berkisar antara 10.160- 11.000 Kkal/kg (Wardan S dan Zainal A, 2003: 16). Hasil pengujian kalor pembakaran biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, dan B<sub>D</sub> tertera Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hubungan Kalor Pembakaran Biodiesel dengan Waktu Transesterifikasi

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan dengan menggunakan alat bom kalorimeter menunjukkan nilai kalor pembakaran biodiesel mengalami kenaikan pada biodiesel B<sub>B</sub> dan selanjutnya berturut-turut mengalami penurunan pada biodiesel B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan penggunaan waktu lama

pengadukan yang dilakukan pada saat transesterifikasi akan menghasilkan nilai kalor pembakaran biodiesel yang berbeda.

Standar nilai kalor pembakaran pada bahan bakar minyak yaitu 10.160 kal/g – 11.000 kal/g, sehingga dari keempat biodiesel tersebut masih belum memenuhi standar bahan bakar minyak yang sudah ditetapkan. Kalor pembakaran biodiesel yang paling baik dan yang paling mendekati standar kalor pembakaran bahan bakar minyak adalah biodiesel B<sub>B</sub> dengan waktu lama pengadukan yang dilakukan pada reaksi transesterifikasi 75 menit yaitu mencapai 9.911,9105 kal/g. Apabila biodiesel minyak biji kapuk ini akan dipergunakan sebagai bahan bakar, perlu dipergunakan pencampuran biodiesel dengan solar agar diperoleh kalor pembakaran yang lebih tinggi sesuai dengan standar bahan bakar minyak.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Massa jenis dan viskositas minyak biji kapuk sebesar  $861,57 \text{ kg/m}^3$  dan  $4,5974 \text{ cSt}$ . Gugus fungsi yang terdapat pada minyak biji kapuk yaitu  $-\text{OH}$  alkoholik,  $\text{C-H}$ ,  $-\text{CO-O}$  ester,  $\text{C=C}$  dan  $\text{C-O}$  ester.
2. Karakter biodiesel  $\text{B}_A$ ,  $\text{B}_B$ ,  $\text{B}_C$  dan  $\text{B}_D$  meliputi: massa jenis berturut-turut sebesar  $867,23$ ;  $867,83$ ;  $868,73$  dan  $869,43 \text{ kg/m}^3$ , viskositas berturut-turut sebesar  $8,9089$ ;  $9,1458$ ;  $9,5650$  dan  $10,0893 \text{ cSt}$ , titik tuang berturut-turut sebesar  $-9$ ,  $-6$ ,  $-3$  dan  $36 \text{ }^\circ\text{C}$ , titik nyala berturut-turut sebesar  $30,5$ ;  $36,5$ ;  $33,5$  dan  $46,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , serta kalor pembakaran berturut-turut sebesar  $9.575,612$ ;  $9.911,9105$ ;  $9.309,708$  dan  $9263,381 \text{ kal/g}$ . Gugus fungsi yang terdapat pada minyak biji kapuk yaitu  $-\text{OH}$  dari  $-\text{CO-OH}$ ,  $\text{C-H}$ ,  $-\text{CO-O}$  ester,  $\text{C=C}$  dan  $\text{C-O}$  ester.
3. Biodiesel  $\text{B}_A$  (50 menit),  $\text{B}_B$  (75 menit), dan  $\text{B}_C$  (100 menit) memiliki nilai massa jenis dan titik tuang yang sudah sesuai dengan SNI 7182:2012, namun nilai viskositas, titik nyala dan kalor pembakarannya belum memenuhi standar. Biodiesel  $\text{B}_D$  (125 menit) memiliki nilai massa jenis yang sesuai dengan SNI 7182:2012, tetapi nilai viskositas, titik tuang, titik nyala dan kalor pembakarannya belum memenuhi standar.

## **B. Saran**

1. Untuk menentukan rendemen minyak biji kapuk dan rendemen biodiesel sebaiknya digunakan instrument analitik.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan hasil samping dari proses transesterifikasi.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penggunaan bahan baku dari minyak nabati yang lainnya seperti: minyak biji karet, serta dengan karakter biodiesel yang lain seperti: angka setan, angka asam, angka iodium dan titik kabut.
4. Perlu dilakukan penelitian pencampuran biodiesel dari minyak biji kapuk randu dengan solar dan karakterisasinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2006). *SNI 04-7182-2006 Biodiesel*. Diakses melalui <http://sisni.bsn.go.id/> pada Tanggal 26 Oktober 2014 Pukul 20.01 WIB
- Anonim. (2012). *Randu Ceiba pentandra L. Gaertn.* Diakses melalui <http://www.plantamor.com/index.php?plant=301> pada Tanggal 26 Oktober 2014 Pukul 20.36 WIB.
- Adly Havendri. (2008). Kaji Eksperimental Perbandingan Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar dengan Biodiesel CPO, Minyak Jarak, dan Minyak Kelapa. *Teknik A* 29. (1), 38-46
- A Hardjono. (2001). *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Anwar Fatoni dan Cokorda P. Mahandari. (Tanpa Tahun). Kajian Awal Buah Kepayang Masak Sebagai Bahan Baku Minyak Nabati Kasar. *Skripsi*. Universitas Gunadarma.
- Astrilia Damayanti & Wara Dyah Pita Rengga. (2010). Kualitas Refined-Glyserin Hasil Samping Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit dengan Menggunakan Variasi Katalis. *Jurnal Kompetensi Teknik* 1. (2), 43-48.
- Bambang Pramudono, Septian Ardi Widioko dan Wawan Rustyawan. (2008). Ekstraksi Kontinyu dengan Simulasi Batch Tiga Tahap Aliran Lawan Arah : Pengambilan Minyak Biji Alpukat Menggunakan Pelarut n-Heksan dan Iso Propil Alkohol. *Reaktor*. Vol.12 No.1 Hlm.38.
- Bernardini, E. (1983). *Oilseeds, Oils and Fats Raw Materials and Extraction Techniques*. *Publishing House*. Volume I Rome.
- Biro Pusat Statistik. (1995). *Statistik Perusahaan Tanaman Industri*. Jakarta Rangka Nangki Sejati.
- Boy Arief Fachri. (2006). Kinetika Reaksi Alkoholis Minyak Dedak Padi dalam Metanol dengan Katalis KOH Pada Proses Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmu Dasar*. 7(2): 98-105.
- Dadang. (2006). *Jarak Pagar: Tanaman Penghasil Biodiesel*. Jakarta: Niaga Swadaya

- Dimar Sinabutar. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur Reaksi dan Konsentrasi Katalis NaOH dalam Media Metanol terhadap Perubahan Kualitastistik Fisika Biodiesel Minyak Kelapa. *Thesis*. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Dita Victory. (2011). Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Hasil Pemucatan dengan Adsorben Abu Sekam Padi pada Berbagai Variasi Suhu. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Edi Mulyadi. (2011). Metyl Ester Production in Aslant Sealed Transesterification Reactor. *Jurnal Teknik Kimia* 5. (2), 439-443.
- Endang Dwi Siswani, Susila Kristianingrum dan Siti Marwati (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu proses Terhadap Karakter Biodiesel Hasil Sintesa dari Minyak Biji Ketapang. *Jurnal Sains Dasar*. FMIPA UNY.
- Erliza Hambali, Siti Mujdalifah, Armansyah Halomoan dan Abdul Waries. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Erna Astuti. (2008). Pengaruh Konsentrasi Katalisator dan Rasio Bahan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa. *Jurnal Rekayasa Proses* 2. (1), 5-10.
- F.G. winarno. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Fahma Riyanti, Poedji L. H., & Catur D. L. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH Pada Pembuatan metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa* Linn). *Jurnal Penelitian Sains* 15. (2C),74-78.
- Fashihatul Aini dan Siti Tjahyani. (2013). Hubungan antara waktu penyimpanan dan nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk. *UNESA journal of chemistry vol 2*.
- Freedman, B., Butterfield, R. O., & Pryde, E., H.(1986). Transesterification Kinetics of Soybean oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63(10): 1375-1380.
- Ganjar Andaka. (2008). Hidrolisis Minyak Biji Kapuk dengan Katalisator Asam Khlorida. *Jurnal Rekayasa Proses* 2. (2), 45-48.
- Hardjono Sastrohamidjojo. (2001). *Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty.
- Heny Dewajani. (2008). Potensi Minyak Biji Randu (*Ceiba pentandra*) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel. *Distilat-Jurnal teknologi Separasi*. 1.(2): 101-117.

- Herawati Puspadiman. (2013). Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Kandungan Asam Linoleat Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentrada*) sebagai Minyak Pangan. *Skripsi*. Yogyakarta : FMIPA UNY
- Hisar Tambun. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur Reaksi dan Konsentrasi katalis KOH dalam Media Etanol Terhadap Perubahan Kualitasistik Fisika Biodiesel Minyak Kelapa. *Thesis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Indantono, Y S. (2006). *Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi, hingga Performasi Mesin*. Jakarta.
- Keko Hori, Maxima E. Flavier, Shigenori Kuga, Thi Bach Tuyet, & Kenji Liyama. (2000). Excellent Oil Absorbent Kapok (*Cieba pentandra L*) Fiber:Fiber Stucture, Chemical Characteristics, and application. *J Wood Sci* 46. 401-404.
- Keraten, S. (1986). *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- KPH Kendal. (2011). Monitoring & Evaluasi Jenis Tanaman Rimba Eksotik. Diakses dari <http://www.kphkendal.com/files/eksotik.pdf> pada Tanggal 26 Oktober 2014 Jam 19:38 WIB.
- Kurnia Harlina Dewi. (2008). Kajian Ekstraksi Steroid Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) sebagai Sumber Testosteron Alami. *Disertasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- M. Pranjoto U & Endang W.L. (2007). Tinjauan umum tentang deaktivasi katalis pada reaksi katalis heterogen. *Prosiding seminar nasional penelitian*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Maharani Nurul Hikmah dan Zuliyana. (2010). Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- Mahlinda & Lancy Maurina. (2011). Proses Pemurnian Metanol Hasil Sintesa Biodiesel Menggunakan Rotary Evaporator. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. 24(1): 20-27.
- Mescha Destiana, Agustinus Zandy, Nazef dan Soraya Puspasari. (2007). Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. ITB & PT REKAYASA INDUSTRI.13.

- Muhammad Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung tri prasetya. (2012). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit Sekam Padi. *Indonesian Journal of Chemistry Science* 1. (2), 98-103.
- Murni Yuniwati & Amelia Abdul Karim. (2009). Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalisator KOH. *Jurnal Teknologi* 2. (2), 130-136
- N. Norazahar, S. Yusup, M.M. Ahmad, S. Abu Bakar and J. Ahmad. (2012). Parametric Optimization of Kapok (Ceiba Pentandra) Oil Methyl Ester Production using Taguchi Approach. *International Journal of Energy and Environment*, Issue 6, Volume 6, 541-548.
- Nurjannah. (2010). Perengkahan Katalitik Minyak Sawit Untuk Menghasilkan Biofuel. *Disertasi*. Semarang: Institut Teknologi Semarang
- Purwono S, Yulianto N, Pasaribu R. (2003). Biodiesel dari minyak Kelapa. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Yogyakarta.
- R. Handoyo, Ananta Andy Anggraini, dan Saiful Anwar. (2007). Biodiesel dari Minyak Biji Kapok. *Jurnal Enjiniring Pertanian*, Vol. V, No. 1, 57-64.
- Rama P, Roy H dan Makmuri N. (2006). *Menghasilkan Biodiesel Murah*. Depok: Agro Media Pustaka.
- Retno Utami. (2000). Pengaruh Jumlah Pelarut, Suhu dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Mutu Cairan Kulit Biji Mete (Cashew Nut Shell Liquid). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Raden Wahid Hanafi (2013) Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Lama pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapok (*Ceiba pentandra* L). *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Seno Darmanto. (2010). Analisis Karakteristik Biodiesel Kapuk Randu sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel. *Eksergi Jurnal Teknik Energi*. 6(3): 91-95.
- Setiadi. (1983). *Bertanam Kapuk Randu*. Jakarta: Penebar Swadaya Anggota IKAPI.
- Sinarep dan Mirmanto. (2011) karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa yang Dihasilkan dengan Cara Proses Pirolisis Kondensasi. *Jurnal Teknik Rekayasa* 12. (1), 8-18.
- Slamet Sudarmadji, Bambang Haryono, dan Suhardi. (1989). *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.

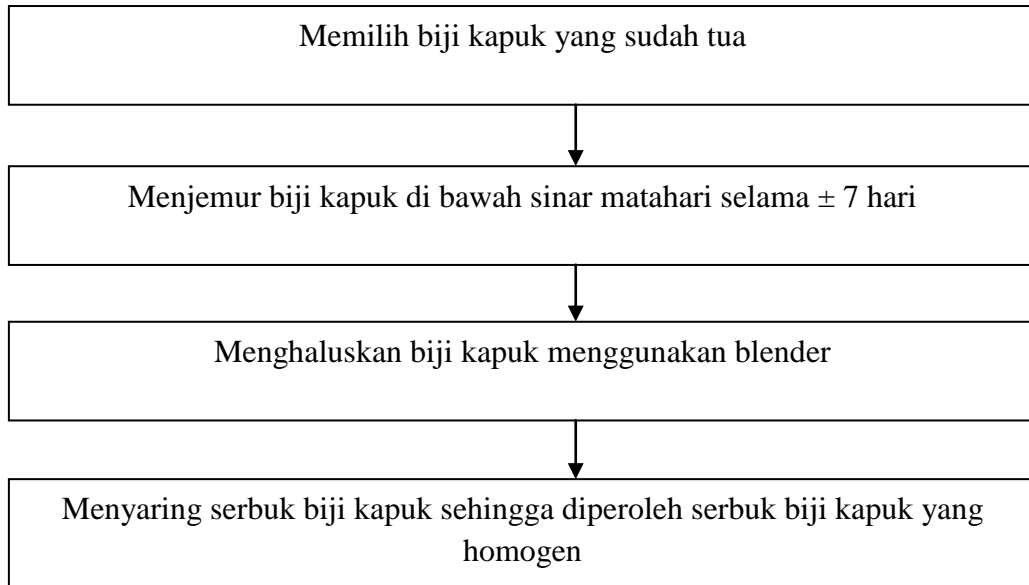
- Sopiana. (2011). Modifikasi Bentonit Alam Menjadi Fe sebagai Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk. *Skripsi*. Bogor: FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Susilowati. (2006). Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 10-14.
- Triana Kusumaningsih, Pranoto, & Ragil Saryoso. (2006). Pembuatan Bahan bakar Biodiesel dari minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. *Bioteknologi* 3. (1), 20-26.
- Wahyudi Priyono Suwarsono, Iza Yulia Gani & Kusyanto. (2008). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa Linn*) yang berasal dari Tumbuhan di kampus UI Depok. *Jurnal Penelitian FMIPA-Universitas Indonesia*. Hlm. 42-49.
- Wardan Suyanto, Zainal Arifin. (2003). *Bahan Bakar dan Pelumas*. Yogyakarta Fakultas Teknik UNY.
- Widayat, Suherman, & K. Haryani. (2006). Optimasi Proses Adsorpsi Minyak Goreng bekas dengan Adsorbent Zeolit Alam: Studi Pengurangan Bilangan Asam. *Jurnal Teknik Gelegar*. 17(1): 77-82.

# LAMPIRAN

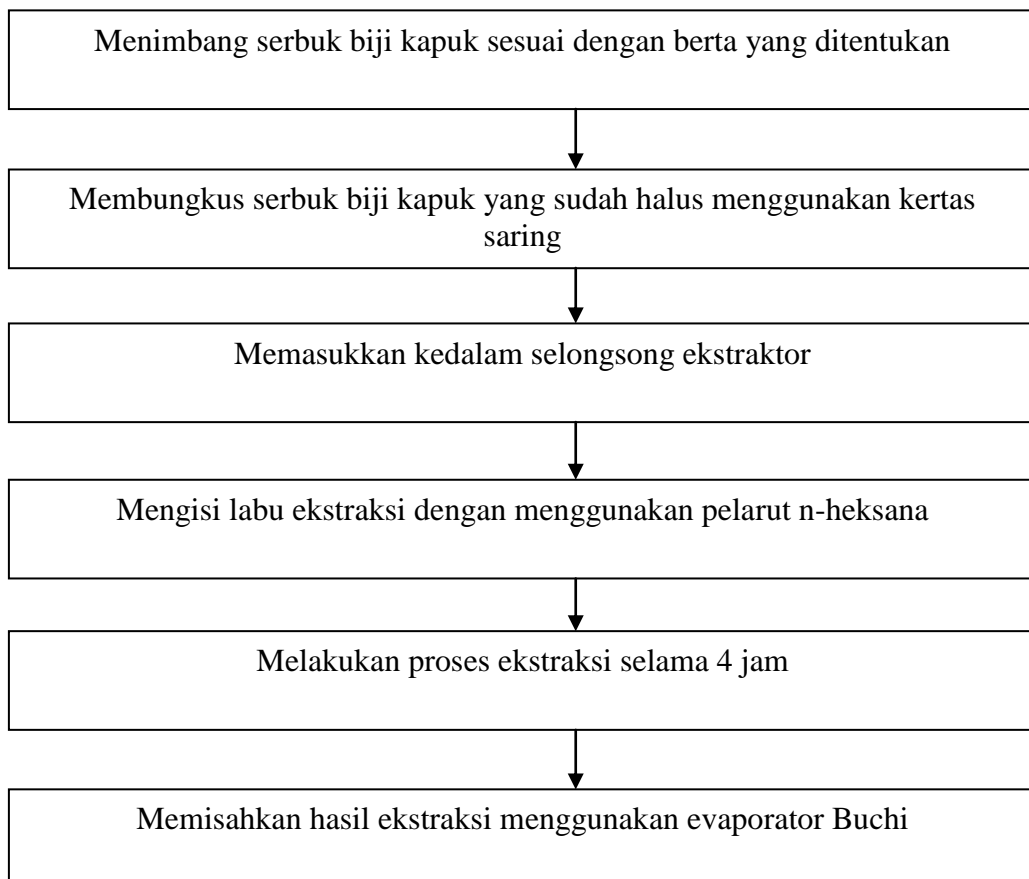
Lampiran 1

**Prosedur Penelitian**

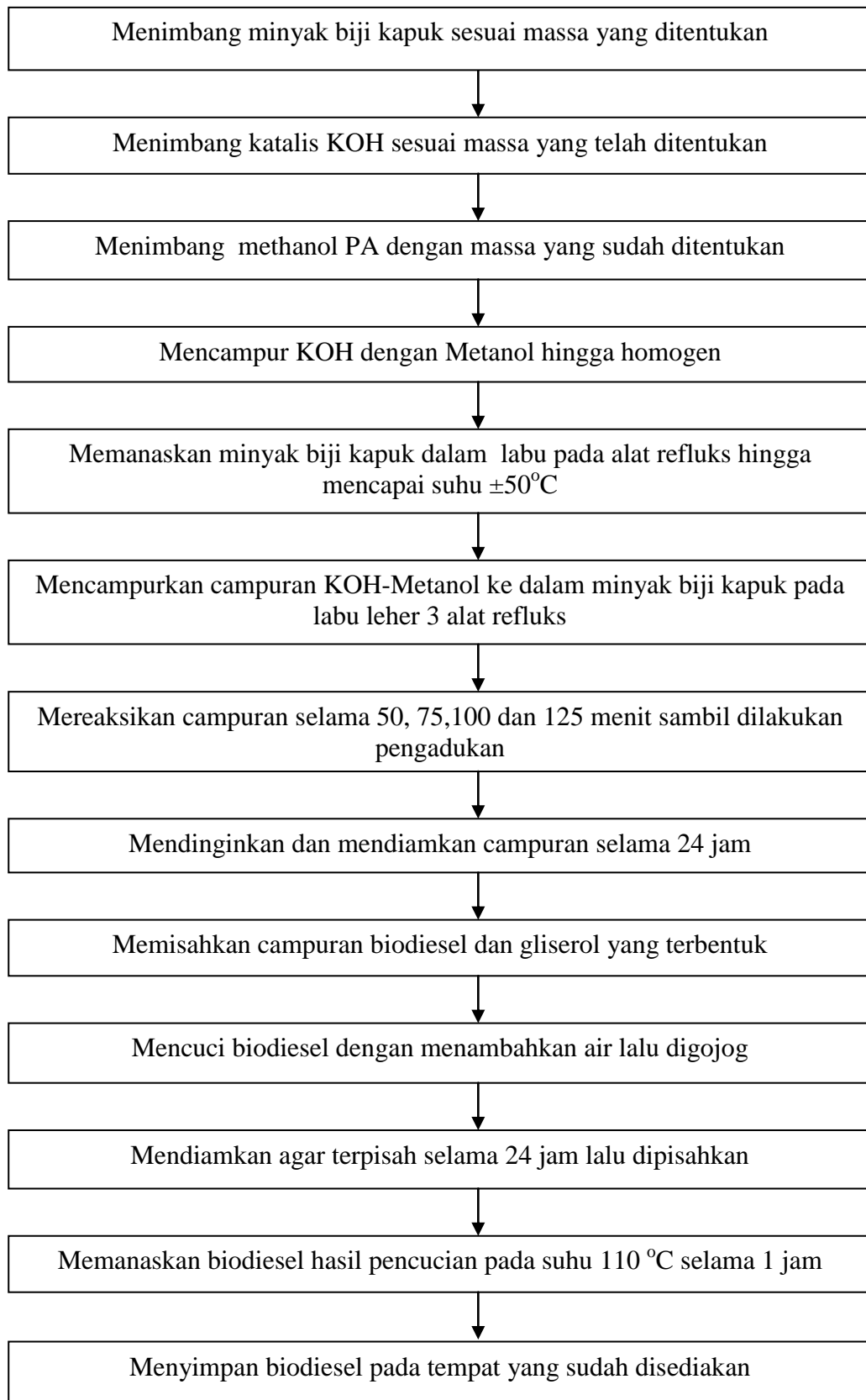
**1. Preparasi Sampel**



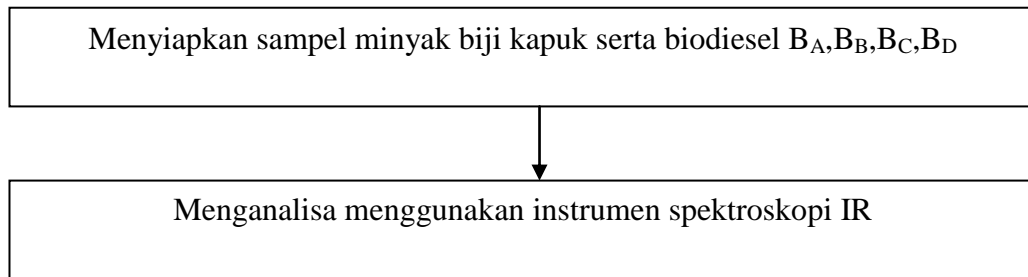
**2. Ekstraksi sokhlet**



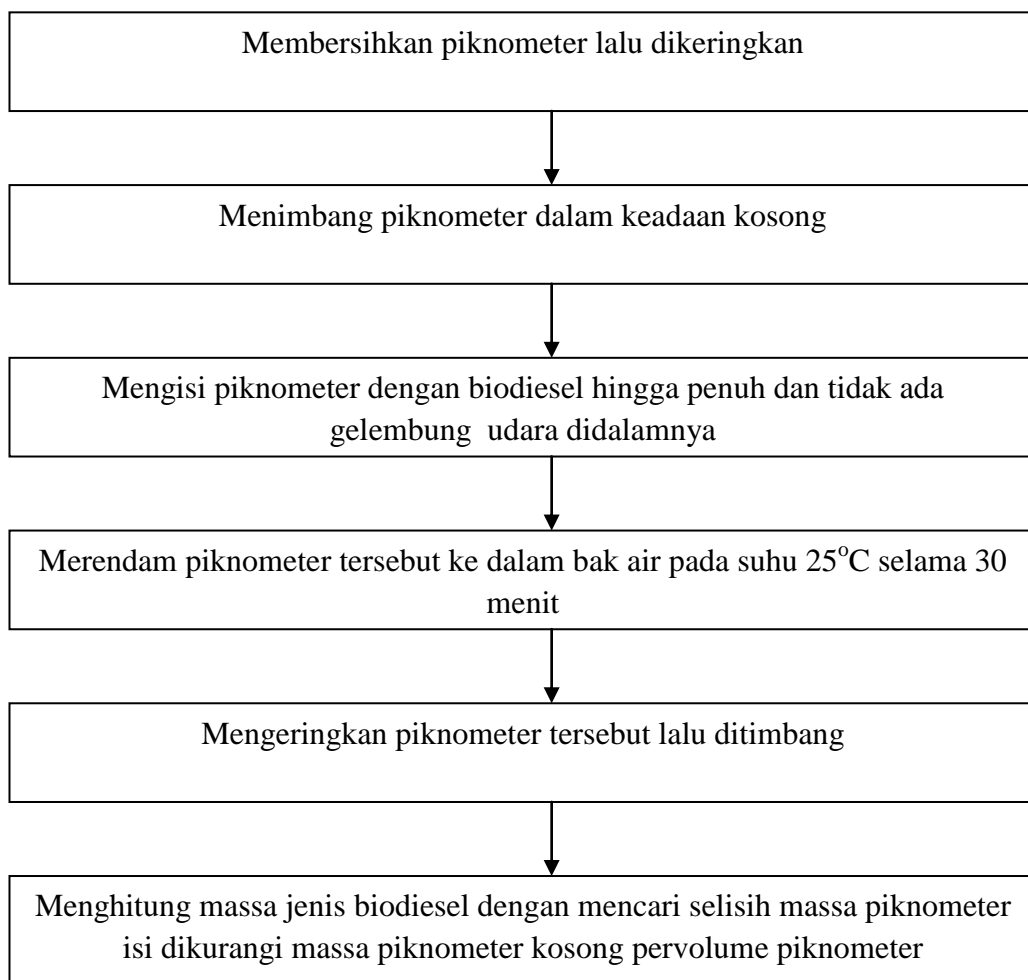
### 3. Transesterifikasi



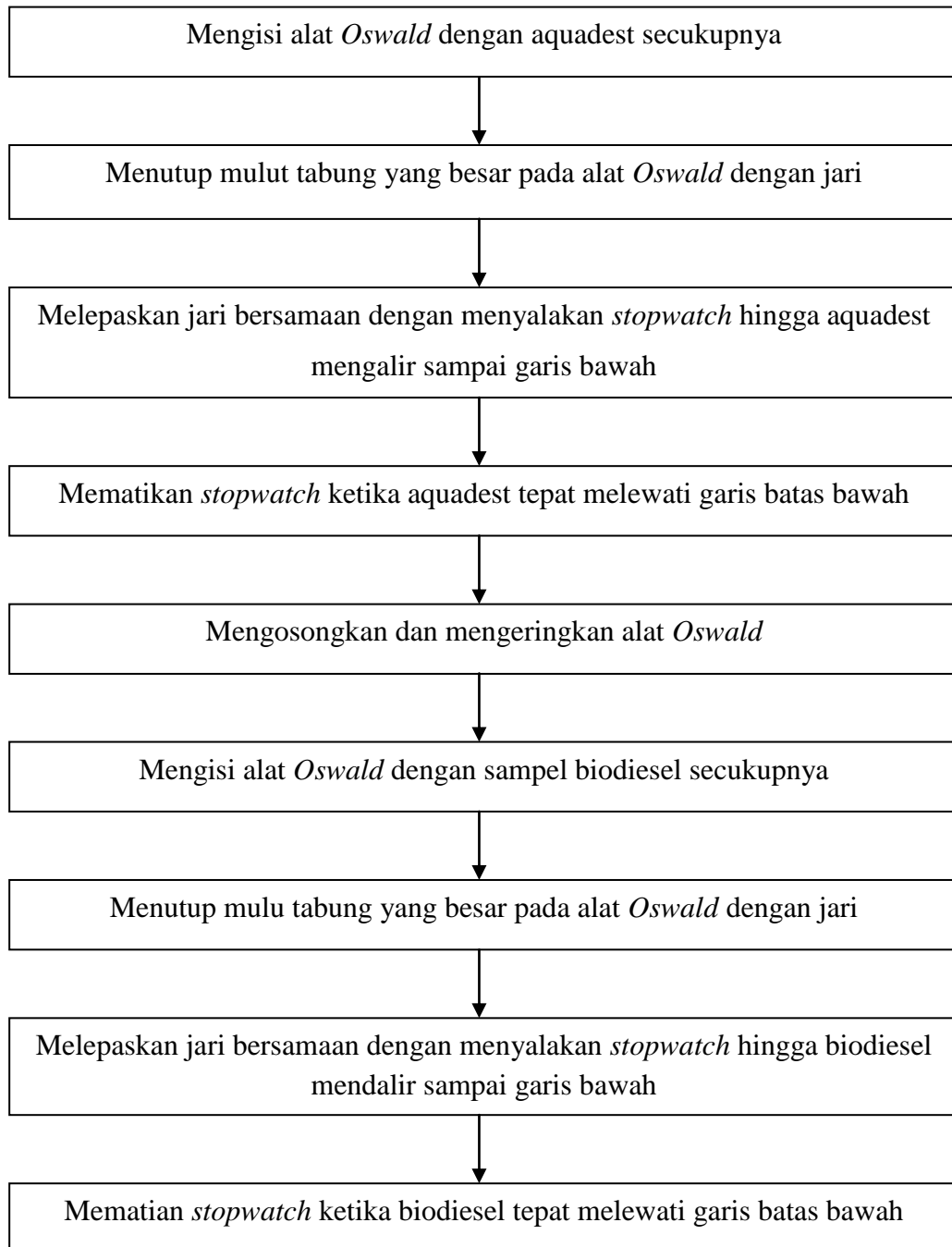
### **Analisa spektroskopi FTIR**



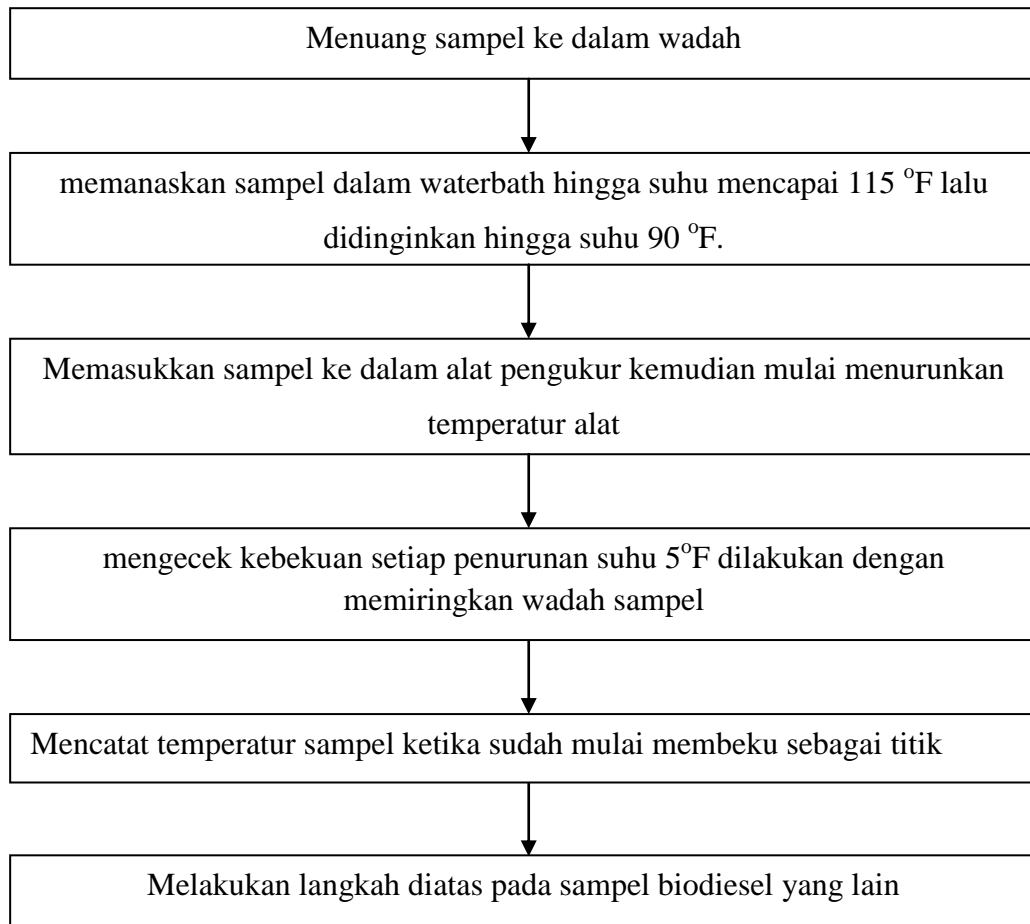
### **Penentuan massa jenis**



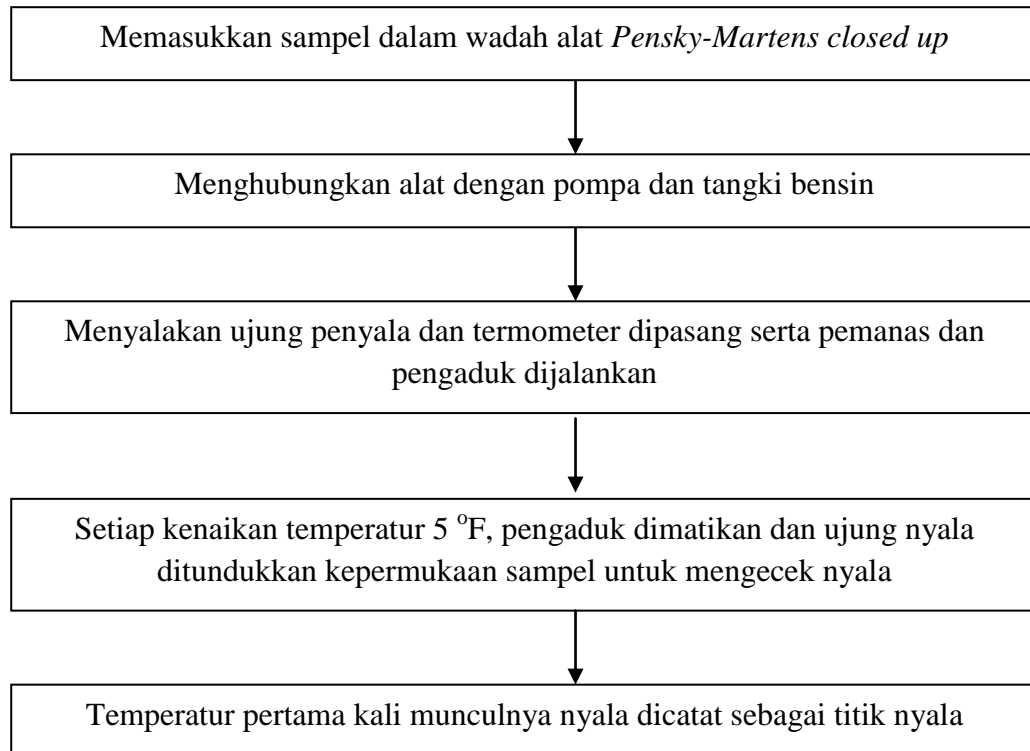
## Penentuan viskositas



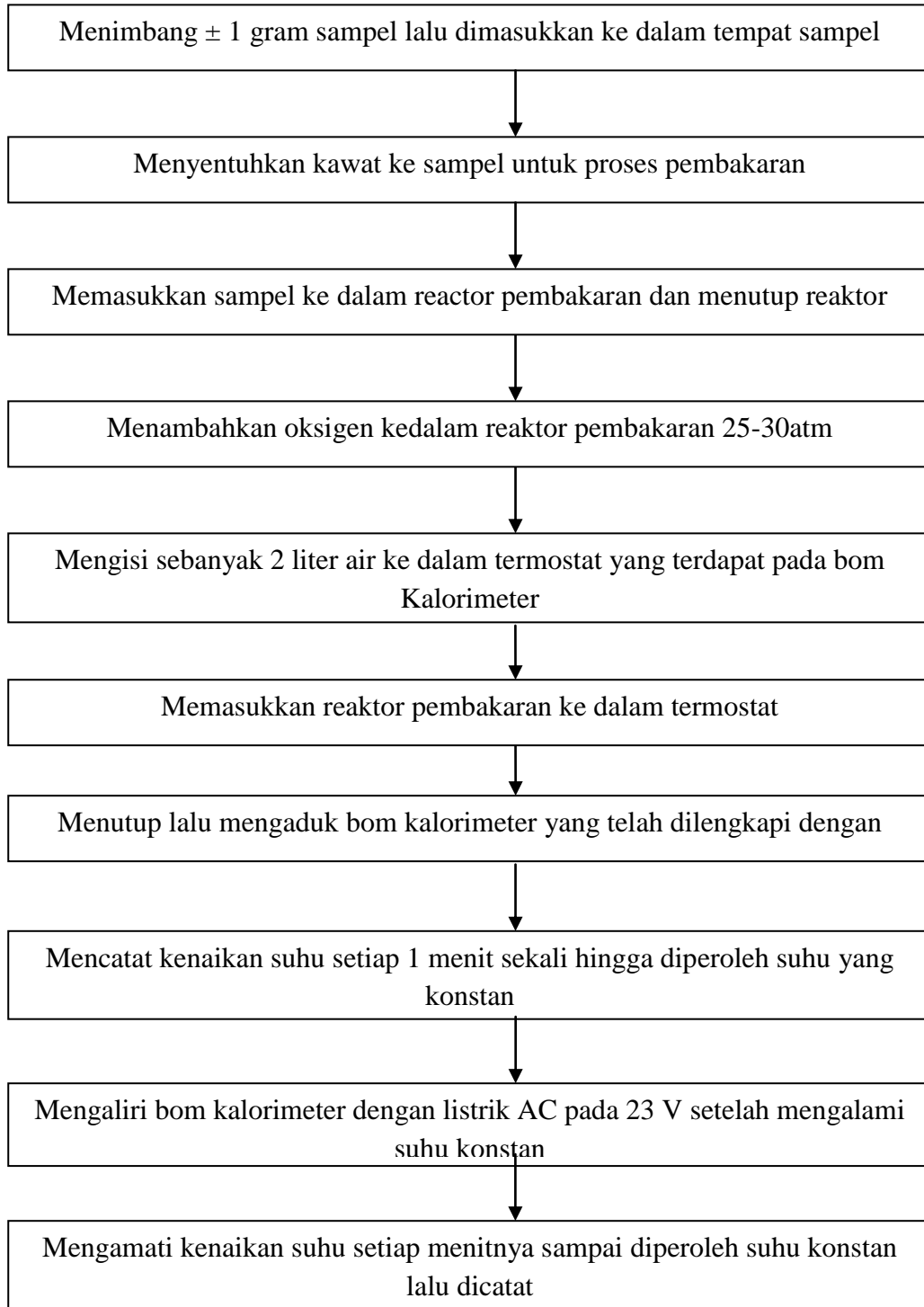
### Penentuan titik tuang (*pour point*)



### Penentuan titik nyala (*flash point*)

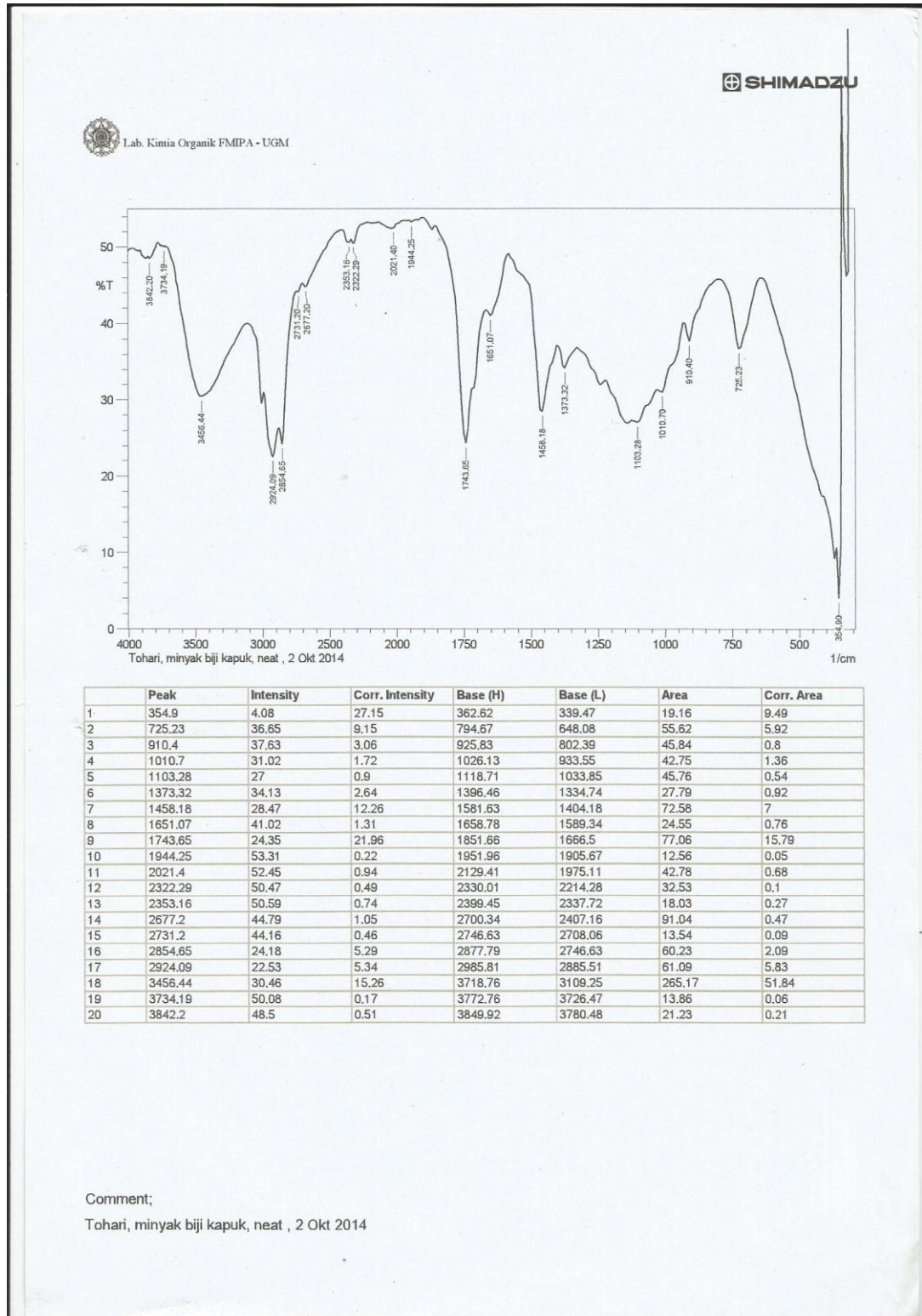


## Penentuan kalor pembakaran



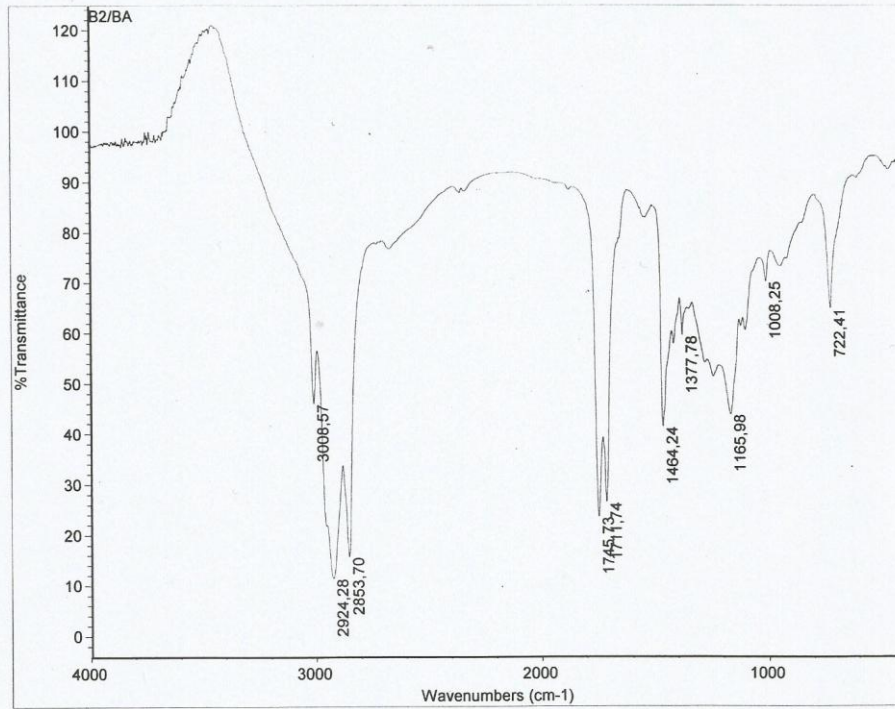
Lampiran 2

Hasil Spektrum IR Minyak Biji Kapuk



Lampiran 3

Hasil Spektrum IR Biodiesel B<sub>A</sub> (waktu 50 menit)



Tue Feb 10 10:22:15 2015 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

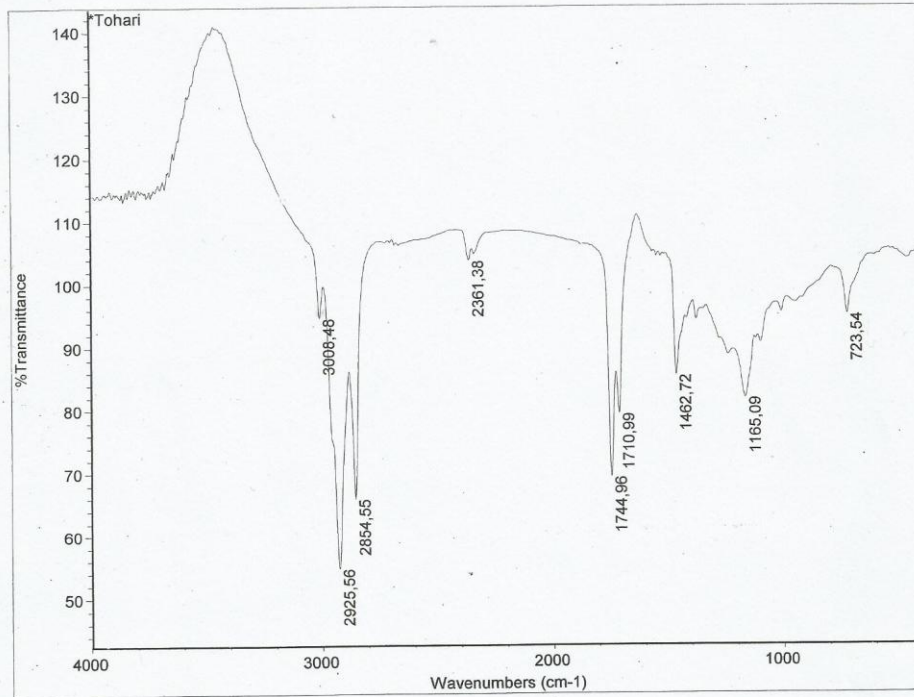
Spectrum: B2/BA  
 Region: 4000.00 400.00  
 Absolute threshold: 124.492  
 Sensitivity: 50

Peak list:

| Position | Intensity |
|----------|-----------|
| 2924,28  | 11,384    |
| 2853,70  | 15,659    |
| 1745,73  | 23,566    |
| 1711,74  | 26,474    |
| 1464,24  | 41,437    |
| 1165,98  | 43,962    |
| 3008,57  | 45,969    |
| 1377,78  | 59,510    |
| 722,41   | 64,955    |
| 1008,25  | 70,291    |

Lampiran 4

Hasil Spektrum IR Biodiesel B<sub>B</sub> (waktu 75 menit)



Thu Jan 29 14:26:15 2015 (GMT+07:00)

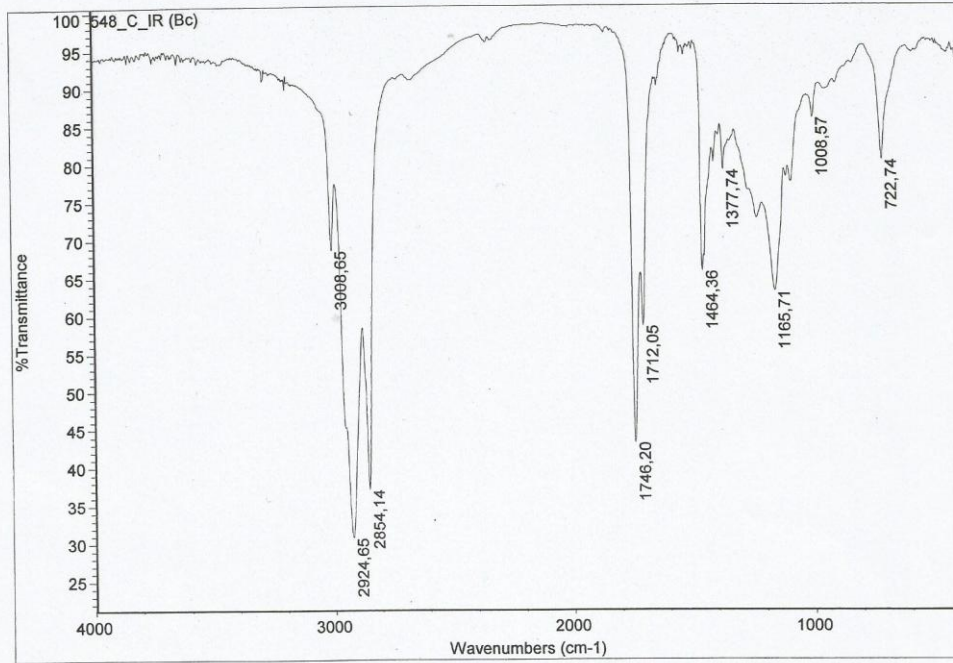
FIND PEAKS:

Spectrum: \*Tohari  
Region: 4000,00 400,00  
Absolute threshold: 143,516  
Sensitivity: 50

| Peak list: | Position: | Intensity: |
|------------|-----------|------------|
|            | 2925,56   | 54,710     |
|            | 2854,55   | 65,868     |
|            | 1744,96   | 69,258     |
|            | 1710,99   | 79,287     |
|            | 1165,09   | 81,808     |
|            | 1462,72   | 85,425     |
|            | 3008,48   | 94,574     |
|            | 723,54    | 95,028     |
|            | 2361,38   | 103,727    |

Lampiran 5

Hasil Spektrum IR Biodiesel B<sub>C</sub> (waktu 100 menit)



Thu Nov 27 08:16:35 2014 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

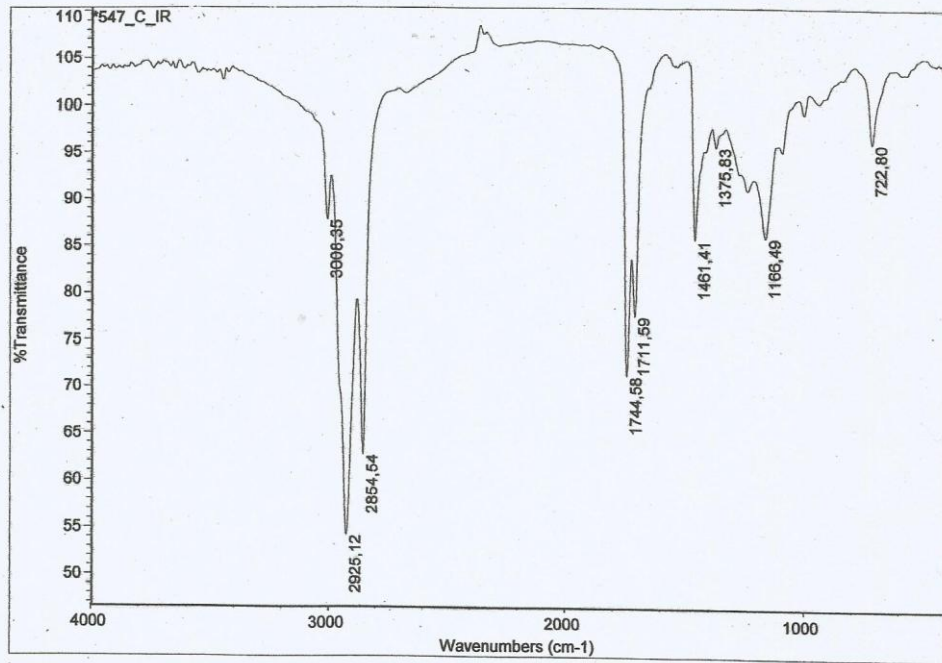
Spectrum: 548\_C\_IR (Bc)  
Region: 4000,00 400,00  
Absolute threshold: 100,530  
Sensitivity: 50

Peak list:

|           |         |            |        |
|-----------|---------|------------|--------|
| Position: | 2924,65 | Intensity: | 30,752 |
| Position: | 2854,14 | Intensity: | 37,109 |
| Position: | 1746,20 | Intensity: | 43,215 |
| Position: | 1712,05 | Intensity: | 58,564 |
| Position: | 1165,71 | Intensity: | 63,145 |
| Position: | 1464,36 | Intensity: | 65,756 |
| Position: | 3008,65 | Intensity: | 68,575 |
| Position: | 1377,74 | Intensity: | 78,977 |
| Position: | 722,74  | Intensity: | 80,252 |
| Position: | 1008,57 | Intensity: | 85,811 |

Lampiran 6

Hasil Spektrum IR Biodiesel B<sub>D</sub> (waktu 125 menit)



Thu Nov 27 08:15:50 2014 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: \*547\_C\_IR (B3)  
Region: 4000,00 400,00  
Absolute threshold: 110,316  
Sensitivity: 50

Peak list:

|           |         |            |        |
|-----------|---------|------------|--------|
| Position: | 2925,12 | Intensity: | 54,265 |
| Position: | 2854,54 | Intensity: | 62,798 |
| Position: | 1744,58 | Intensity: | 71,369 |
| Position: | 1711,59 | Intensity: | 77,722 |
| Position: | 1461,41 | Intensity: | 85,899 |
| Position: | 1166,49 | Intensity: | 86,139 |
| Position: | 3008,35 | Intensity: | 87,852 |
| Position: | 1375,83 | Intensity: | 95,670 |
| Position: | 722,80  | Intensity: | 96,145 |



Volume NaOH 0,0929N hasil titrasi :

| Pengulangan | Volume NaOH (ml) | Rata-rata (ml) |
|-------------|------------------|----------------|
| 1           | 4,3              | 4,2667         |
| 2           | 4,2              |                |
| 3           | 4,3              |                |

$$\text{FFA} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{berat molekul asam linoleat}}{\text{berat sampel (gram)} \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{FFA} = \frac{4,2667 \text{ mL} \times 0,0929 \text{ N} \times 278}{2,8167 \text{ g} \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{FFA} = 3,9121 \%$$

Lampiran 8

**B. Penentuan rendemen biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, B<sub>D</sub>**

Rumus yang digunakan untuk menentukan rendemen biodiesel adalah

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa minyak}} \times 100\%$$

| Sampel         | Pengulangan | Massa minyak (g) | Massa biodiesel (g) |
|----------------|-------------|------------------|---------------------|
| B <sub>A</sub> | 1           | 80,03            | 47,0934             |
|                | 2           | 80,12            | 47,9655             |
|                | 3           | 80,09            | 47,0934             |
| B <sub>B</sub> | 1           | 80,06            | 49,0168             |
|                | 2           | 80,13            | 50,7674             |
|                | 3           | 80,02            | 49,0168             |
| B <sub>C</sub> | 1           | 80,05            | 50,9124             |
|                | 2           | 80,11            | 52,668              |
|                | 3           | 80,04            | 51,7902             |
| B <sub>D</sub> | 1           | 80,19            | 52,71               |
|                | 2           | 80,23            | 53,5885             |
|                | 3           | 80,07            | 51,8315             |

**1. Penentuan rendemen biodiesel B<sub>A</sub>**

**Ulangan 1**

$$\text{Rendemen}_1 = \frac{47,0934}{80,03} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 0,588446 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 58,8446\%$$

**Ulangan 2**

$$\text{Rendemen}_2 = \frac{47,9655}{80,12} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 0,598670 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 59,8670$$

**Ulangan 3**

$$\text{Rendemen}_3 = \frac{47,0934}{80,09} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 0,588005 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 58,8005\%$$

| Biodiesel B <sub>A</sub> | (%)     |
|--------------------------|---------|
| Rendemen <sub>1</sub>    | 58,8446 |
| Rendemen <sub>2</sub>    | 59,8670 |
| Rendemen <sub>3</sub>    | 58,8005 |
| Rata-rata                | 59,1707 |

## 2. Penentuan rendemen biodiesel B<sub>B</sub>

### Ulangan 1

$$\text{Rendemen}_1 = \frac{49,0168}{80,06} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 0,61225 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 61,225\%$$

### Ulangan 2

$$\text{Rendemen}_2 = \frac{50,7674}{80,13} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 0,633562 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 63,3562\%$$

### Ulangan 3

$$\text{Rendemen}_3 = \frac{49,0168}{80,02} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 0,612556 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 61,2556\%$$

| Biodiesel B <sub>B</sub> | (%)     |
|--------------------------|---------|
| Rendemen <sub>1</sub>    | 61,2250 |
| Rendemen <sub>2</sub>    | 63,3562 |
| Rendemen <sub>3</sub>    | 61,2556 |
| Rata-rata                | 61,9456 |

## 3. Penentuan rendemen biodiesel B<sub>C</sub>

### Ulangan 1

$$\text{Rendemen}_1 = \frac{50,9124}{80,05} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 0,636007 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 63,6007\%$$

### Ulangan 2

$$\text{Rendemen}_2 = \frac{52,668}{80,11} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 0,657446 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 65,7446\%$$

### Ulangan 3

$$\text{Rendemen}_3 = \frac{51,7902}{80,04} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 0,647053 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 64,7053\%$$

| Biodiesel B <sub>C</sub> | (%)     |
|--------------------------|---------|
| Rendemen <sub>1</sub>    | 63,6007 |
| Rendemen <sub>2</sub>    | 65,7446 |
| Rendemen <sub>3</sub>    | 64,7053 |
| Rata-rata                | 64,6835 |

## 4. Penentuan rendemen biodiesel B<sub>D</sub>

### Ulangan 1

$$\text{Rendemen}_1 = \frac{52,71}{80,19} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 0,657313 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_1 = 65,7313\%$$

### Ulangan 2

$$\text{Rendemen}_2 = \frac{53,5885}{80,23} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 0,667935 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_2 = 66,7935\%$$

### Ulangan 3

$$\text{Rendemen}_3 = \frac{51,8315}{80,07} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 0,647327 \times 100\%$$

$$\text{Rendemen}_3 = 64,7327\%$$

| Biodiesel B <sub>D</sub> | (%)     |
|--------------------------|---------|
| Rendemen <sub>1</sub>    | 65,7313 |
| Rendemen <sub>2</sub>    | 66,7935 |
| Rendemen <sub>3</sub>    | 64,7327 |
| Rata-rata                | 65,7525 |

Lampiran 9

**C. Penentuan massa jenis air serta biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, B<sub>D</sub>**

Massa jenis dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Massa jenis pada } 25^{\circ} \text{ C} = \frac{(M_p + M_b) - (M_p)}{V_p}$$

Keterangan :  $M_p + M_b$  = massa piknometer isi (g)

$M_p$  = massa piknometer kosong (g)

$V_p$  = volume piknometer (mL)

Massa piknometer kosong = 13,1252 gram

Volume piknometer = 10 mL

| Sampel         | Pengulangan | Massa sampel + piknometer (gram) |
|----------------|-------------|----------------------------------|
| Air            | 1           | 23,1519                          |
|                | 2           | 23,1516                          |
|                | 3           | 23,1531                          |
| B <sub>A</sub> | 1           | 21,9522                          |
|                | 2           | 21,9548                          |
|                | 3           | 21,9489                          |
| B <sub>B</sub> | 1           | 21,9555                          |
|                | 2           | 21,9585                          |
|                | 3           | 21,9596                          |
| B <sub>C</sub> | 1           | 21,9635                          |
|                | 2           | 21,9667                          |
|                | 3           | 21,9706                          |
| B <sub>D</sub> | 1           | 21,9677                          |
|                | 2           | 21,9726                          |
|                | 3           | 21,9756                          |

Jika massa jenis pada 25<sup>o</sup> C telah diketahui, maka untuk menghitung massa jenis pada suhu tertentu dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

keterangan:  $\rho$  = massa jenis pada 25<sup>o</sup>C

$\rho'$  = massa jenis pada T<sup>o</sup>C

T = suhu biodiesel (°C)

0,0007 = faktor koreksi rata-rata untuk 1<sup>o</sup>C

Menghitung volume piknometer kosong

Massa jenis air pada 25<sup>o</sup>C = 0,9971 g/ml

$$\text{Jadi, } 0,9971 = \frac{23,1278 - 13,1252}{V}$$

$$V = 10,0562$$

## 1. Massa jenis biodiesel B<sub>A</sub>

### Pengukuran 1

Massa jenis biodiesel pada suhu 25°C

$$\rho_1 = \frac{(21,9522 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = \frac{8,827 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = 0,8777 \text{ gram/m}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8777 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8777 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8777 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8672 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 867,2 \text{ kg/m}^3$$

### Pengukuran 2

Massa jenis biodiesel pada suhu 25°C

$$\rho_2 = \frac{(21,9548 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = \frac{8,8296 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = 0,8780 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8780 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8780 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8780 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8675 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 867,5 \text{ kg/m}^3$$

### Pengukuran 3

Massa jenis biodiesel pada suhu 25°C

$$\rho_3 = \frac{(21,9498 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = \frac{8,8246 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = 0,8775 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8775 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8775 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8775 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8670 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 867,0 \text{ kg/m}^3$$

| Pengukuran | Massa jenis biodiesel B <sub>A</sub> pada 40°C<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|--|
| 1          | 867,2  |
| 2          | 867,5  |
| 3          | 867,0  |
| Rata-rata  | 867,23   |

## 2. Massa jenis biodiesel B<sub>B</sub>

### Pengukuran 1

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

25°C

$$\rho_1 = \frac{(21,9555 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = \frac{8,8303g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = 0,8781 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8781 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8781 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8781 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8676 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 867,6 \text{ kg/m}^3$$

### Pengukuran 2

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

25°C

$$\rho_2 = \frac{(21,9585 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = \frac{8,8333g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = 0,8784 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8784 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8784 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8784 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8679 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 867,9 \text{ kg/m}^3$$

### Pengukuran 3

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

25°C

$$\rho_3 = \frac{(21,9595 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = \frac{8,8343g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = 0,8785 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8785 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8785 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8785 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8680 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 868,0 \text{ kg/m}^3$$

| Pengukuran | Massa jenis biodiesel B <sub>B</sub> pada 40°C<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|--|
| 1          | 867,6  |
| 2          | 867,9  |
| 3          | 868,0  |
| Rata-rata  | 867,83   |

### 3. Massa jenis biodiesel B<sub>C</sub>

#### Pengukuran 1

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C  
25°C

$$\rho_1 = \frac{(21,9635 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = \frac{8,8383 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = 0,8789 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8789 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8789 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8789 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8684 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 868,4 \text{ kg/m}^3$$

#### Pengukuran 2

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C  
25°C

$$\rho_2 = \frac{(21,9667 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = \frac{8,8415 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_2 = 0,8792 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8792 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8792 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8792 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8687 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 868,7 \text{ kg/m}^3$$

#### Pengukuran 3

Massa jenis biodiesel pada suhu 40°C  
25°C

$$\rho_3 = \frac{(21,9706 - 13,1252)g}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = \frac{8,8454 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$\rho_3 = 0,8796 \text{ gram/mL}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8796 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$0,8796 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$0,8796 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8691 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 869,1 \text{ kg/m}^3$$

| Pengukuran | Massa jenis biodiesel B <sub>C</sub> pada 40°C<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|--|
| 1          | 868,4  |
| 2          | 868,7  |
| 3          | 869,1  |
| Rata-rata  | 868,73   |

#### 4. Massa jenis biodiesel B<sub>D</sub>

##### Pengukuran 1

massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

Massa jenis biodiesel pada suhu  $\rho = \rho' + 0,0007 (T^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$

25°C

$$0,8793 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^{\circ} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\rho_1 = \frac{(21,9677 - 13,1252)\text{g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$0,8793 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$\rho_1 = \frac{8,8424 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$0,8793 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho_1 = 0,8793 \text{ gram/mL}$$

$$\rho' = 0,8688 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 868,8 \text{ kg/m}^3$$

##### Pengukuran 2

Massa jenis biodiesel pada suhu massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

25°C

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\rho_2 = \frac{(21,9726 - 13,1252)\text{g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$0,8798 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^{\circ} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\rho_2 = \frac{8,8475 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$0,8798 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$\rho_2 = 0,8798 \text{ gram/mL}$$

$$0,8798 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8693 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 869,3 \text{ kg/m}^3$$

##### Pengukuran 3

Massa jenis biodiesel pada suhu massa jenis biodiesel pada suhu 40°C

25°C

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\rho_3 = \frac{(21,9756 - 13,1252)\text{g}}{10 \text{ mL}}$$

$$0,8801 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (40^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\rho_3 = \frac{8,8504 \text{ g}}{10,0562 \text{ mL}}$$

$$0,8801 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0007 (15)$$

$$\rho_3 = 0,8801 \text{ gram/mL}$$

$$0,8801 \text{ g/ml} = \rho' + 0,0105$$

$$\rho' = 0,8696 \text{ g/ml}$$

$$\rho' = 869,6 \text{ kg/m}^3$$

| Pengukuran | Massa jenis biodiesel B <sub>A</sub> pada 40°C<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|--|
| 1          | 868,8  |
| 2          | 869,3  |
| 3          | 869,6  |
| Rata-rata  | 869,43   |

Lampiran 10

**Uji F (Anova A) massa jenis biodiesel**

Tabel 17. Data Anova A massa jenis biodiesel

|           | B <sub>A</sub> | B <sub>B</sub> | B <sub>C</sub> | B <sub>D</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Ulangan 1 | 867,2          | 867,6          | 868,4          | 868,8          |
| Ulangan 2 | 867,5          | 867,9          | 868,7          | 869,3          |
| Ulangan 3 | 867,0          | 868,0          | 869,1          | 869,6          |

Uji F (Anova A) dilakukan dengan menggunakan program SPSS17.

Hipotesis:  $H_0 : B_A = B_B = B_C = B_D$

$H_1$  : ada biodiesel yang memberikan rata-rata massa jenis berbeda.

Tingkat signifikansi 0,05 (5%) atau tingkat kepercayaan sebesar 0,95 (95%).

**Oneway**

**Descriptives**

massa jenis

|       | N  | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum |
|-------|----|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
|       |    |          |                |            | Lower Bound                      | Upper Bound |         |         |
| BA    | 3  | 867.2333 | .25166         | .14530     | 866.6082                         | 867.8585    | 867.00  | 867.50  |
| BB    | 3  | 867.8333 | .20817         | .12019     | 867.3162                         | 868.3504    | 867.60  | 868.00  |
| BC    | 3  | 868.7333 | .35119         | .20276     | 867.8609                         | 869.6057    | 868.40  | 869.10  |
| BD    | 3  | 869.2333 | .40415         | .23333     | 868.2294                         | 870.2373    | 868.80  | 869.60  |
| Total | 12 | 868.2583 | .85329         | .24632     | 867.7162                         | 868.8005    | 867.00  | 869.60  |

**Test of Homogeneity of Variances**

massa jenis

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| .474             | 3   | 8   | .709 |

Hasil pengujian ditemukan bahwa F hitung = 0,709 dengan signifikansi 0,474. Oleh karena nilai signifikansi > 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok bersifat homogen. Dengan demikian prasyarat untuk dapat menggunakan Anova terpenuhi.

#### ANOVA

massa jenis

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 7.222          | 3  | 2.407       | 24.483 | .000 |
| Within Groups  | .787           | 8  | .098        |        |      |
| Total          | 8.009          | 11 |             |        |      |

Pada tabel tersebut ditemukan harga F hitung sebesar 24,483 dengan sig = 0,000. Oleh karena nilai sig < 0,05 maka  $H_0$  ditolak sehingga dapat disimpulkan ada perbedaan rata-rata massa jenis biodiesel  $B_A$ ,  $B_B$ ,  $B_C$  dan  $B_D$ . Untuk mengetahui perbedaan nilai viskositas diantara keempat jenis biodiesel perlu dilakukan *Post Hoc Test* yang menggunakan LSD (Least Signification Difference) dengan hasil sebagai berikut:

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

massa jenis

LSD

| (I)<br>kode sampel | (J)<br>kode sampel | Mean Difference<br>(I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|--------------------|--------------------|--------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|                    |                    |                          |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| BA                 | BB                 | -.60000*                 | .25604     | .057 | -1.1904                 | -.0096      |
|                    | BC                 | -1.50000*                | .25604     | .000 | -2.0904                 | -.9096      |
|                    | BD                 | -2.00000*                | .25604     | .000 | -2.5904                 | -1.4096     |
| BB                 | BA                 | .60000*                  | .25604     | .057 | .0096                   | 1.1904      |
|                    | BC                 | -.90000*                 | .25604     | .008 | -1.4904                 | -.3096      |
|                    | BD                 | -1.40000*                | .25604     | .001 | -1.9904                 | -.8096      |
| BC                 | BA                 | 1.50000*                 | .25604     | .000 | .9096                   | 2.0904      |
|                    | BB                 | .90000*                  | .25604     | .008 | .3096                   | 1.4904      |
|                    | BD                 | -.50000                  | .25604     | .047 | -1.0904                 | .0904       |
| BD                 | BA                 | 2.00000*                 | .25604     | .000 | 1.4096                  | 2.5904      |
|                    | BB                 | 1.40000*                 | .25604     | .001 | .8096                   | 1.9904      |
|                    | BC                 | .50000                   | .25604     | .047 | -.0904                  | 1.0904      |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Untuk melihat perbedaan massa jenis antar biodiesel dapat dilihat pada kolom sig. Jika nilai sig < 0,05 dapat disimpulkan bahwa dari keempat biodiesel terdapat perbedaan massa jenis.

Analisis LSD pada post hoc test terlihat bahwa nilai massa jenis:

1. Biodiesel B<sub>A</sub> berbeda dengan Biodiesel B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05) tetapi sama dengan B<sub>B</sub> (karena nilai sig > 0,05)
2. Biodiesel B<sub>B</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05) tetapi sama dengan B<sub>A</sub> (karena nilai sig > 0,05)
3. Biodiesel B<sub>C</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05)
4. Biodiesel B<sub>D</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub> dan B<sub>C</sub> (karena nilai sig < 0,05)

Lampiran 11

**D. Penentuan viskositas biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, B<sub>D</sub>**

Viskositas biodiesel dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_b = \frac{\eta_w \cdot \rho_b \cdot t_b}{\rho_w \cdot t_w}$$

Keterangan:  $\eta_b$  = viskositas biodiesel (cSt atau mm<sup>2</sup>/s)

$\eta_w$  = viskositas cairan pembanding yaitu air (cSt atau mm<sup>2</sup>/s)

$\rho_b$  = massa jenis biodiesel (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_w$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$t_b$  = waktu alir biodiesel melalui kapiler (s)

$t_w$  = waktu alir air melalui kapiler (s)

| Sampel         | Pengulangan | Waktu alir dalam tabung oswald (s) | Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Air            | 1           | 10,56                              | 992,2                            |
|                | 2           |                                    |                                  |
|                | 3           |                                    |                                  |
| B <sub>A</sub> | 1           | 166,7                              | 867,23                           |
|                | 2           | 162,5                              |                                  |
|                | 3           | 165,3                              |                                  |
| B <sub>B</sub> | 1           | 167,4                              | 867,83                           |
|                | 2           | 170,2                              |                                  |
|                | 3           | 169,7                              |                                  |
| B <sub>C</sub> | 1           | 176,1                              | 868,73                           |
|                | 2           | 171,6                              |                                  |
|                | 3           | 182,3                              |                                  |
| B <sub>D</sub> | 1           | 181,6                              | 869,43                           |
|                | 2           | 187,2                              |                                  |
|                | 3           | 189,8                              |                                  |

**1. Viskositas air**

Viskositas air pada suhu 25°C = 0,890 cSt (centistokes)

Viskositas air pada suhu 40°C = 0,653 mm<sup>2</sup>/s

Viskositas air pada suhu 40°C = 0,653 cSt (centistokes)

## 2. Penentuan viskositas biodiesel B<sub>A</sub> pada suhu 40° C

### Pengukuran 1

$$\eta_1 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 166,7 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_1 = \frac{94402,4083}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_1 = 9,0098 \text{ cSt}$$

### Pengukuran 2

$$\eta_2 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 162,5 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_2 = \frac{92023,9433}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 8,7828 \text{ cSt}$$

### Pengukuran 3

$$\eta_3 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 165,3 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_3 = \frac{94142,8147}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_3 = 8,9342 \text{ cSt}$$

| Biodiesel B <sub>A</sub> | Viskositas pada suhu 40°C (cSt) |
|--------------------------|---------------------------------|
| η <sub>1</sub>           | 9,0098                          |
| η <sub>2</sub>           | 8,7828                          |
| η <sub>3</sub>           | 8,9342                          |
| Rata-rata                | 8,9089                          |

## 3. Penentuan viskositas biodiesel B<sub>B</sub> pada suhu 40° C

### Pengukuran 1

$$\eta_1 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 167,4 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_1 = \frac{94864,4065}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_1 = 9,0539 \text{ cSt}$$

### Pengukuran 2

$$\eta_2 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 170,2 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_2 = \frac{96451,1468}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 9,2054 \text{ cSt}$$

### Pengukuran 3

$$\eta_3 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 867,83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 169,7 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_3 = \frac{96167,8004}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_3 = 9,1783 \text{ cSt}$$

| Biodiesel B <sub>B</sub> | Viskositas pada suhu 40°C (cSt) |
|--------------------------|---------------------------------|
| η <sub>1</sub>           | 9,0539                          |
| η <sub>2</sub>           | 9,2054                          |
| η <sub>3</sub>           | 9,1783                          |
| Rata-rata                | 9,1458                          |

#### 4. Penentuan viskositas biodiesel B<sub>C</sub> pada suhu 40° C

##### Pengukuran 1

$$\eta_1 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 868,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 176,1 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_1 = \frac{99898,1295}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_1 = 9,5344 \text{ cSt}$$

##### Pengukuran 2

$$\eta_2 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 868,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 171,6 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_2 = \frac{97345,3664}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 9,2907 \text{ cSt}$$

##### Pengukuran 3

$$\eta_3 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 868,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 182,3 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_3 = \frac{103415,2697}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_3 = 9,8701 \text{ cSt}$$

| Biodiesel B <sub>C</sub> | Viskositas pada suhu 40°C (cSt) |
|--------------------------|---------------------------------|
| η <sub>1</sub>           | 9,5344                          |
| η <sub>2</sub>           | 9,2907                          |
| η <sub>3</sub>           | 9,8701                          |
| Rata-rata                | 9,5650                          |

#### 5. Penentuan viskositas biodiesel B<sub>D</sub> pada suhu 40° C

##### Pengukuran 1

$$\eta_1 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 869,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 181,6 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_1 = \frac{103101,1826}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_1 = 9,8401 \text{ cSt}$$

##### Pengukuran 2

$$\eta_2 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 869,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 187,2 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_2 = \frac{106280,5142}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 10,1435 \text{ cSt}$$

##### Pengukuran 3

$$\eta_3 = \frac{0,653 \text{ cSt} \times 869,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 189,8 \text{ s}}{992,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10,56 \text{ s}}$$

$$\eta_3 = \frac{107756,6325}{10477,632} \text{ cSt}$$

$$\eta_3 = 10,2844 \text{ cSt}$$

| Biodiesel B <sub>D</sub> | Viskositas pada suhu 40°C (cSt) |
|--------------------------|---------------------------------|
| η <sub>1</sub>           | 9,8401                          |
| η <sub>2</sub>           | 10,1435                         |
| η <sub>3</sub>           | 10,2844                         |
| Rata-rata                | 10,0893                         |

Lampiran 12

**Uji F (Anova A) viskositas biodiesel**

Tabel 18. Data Anova A viskositas biodiesel

|           | B <sub>A</sub> | B <sub>B</sub> | B <sub>C</sub> | B <sub>D</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Ulangan 1 | 9,0098         | 9,0539         | 9,5344         | 9,8401         |
| Ulangan 2 | 8,7828         | 9,2054         | 9,2907         | 10,1435        |
| Ulangan 3 | 8,9342         | 9,1783         | 9,8701         | 10,2844        |

Uji F (Anova A) dilakukan dengan menggunakan program SPSS17.

Hipotesis:  $H_0 : B_A = B_B = B_C = B_D$

$H_1$  : ada biodiesel yang memberikan rata-rata massa jenis berbeda.

Tingkat signifikansi 0,05 (5%) atau tingkat kepercayaan sebesar 0,95 (95%).

**Oneway**

**Descriptives**

Viskositas

|       | N  | Mean      | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum |
|-------|----|-----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
|       |    |           |                |            | Lower Bound                      | Upper Bound |         |         |
| BA    | 3  | 8.908933  | .1155900       | .0667359   | 8.621792                         | 9.196075    | 8.7828  | 9.0098  |
| BB    | 3  | 9.145867  | .0807899       | .0466441   | 8.945174                         | 9.346560    | 9.0539  | 9.2054  |
| BC    | 3  | 9.565067  | .2909148       | .1679597   | 8.842394                         | 10.287739   | 9.2907  | 9.8701  |
| BD    | 3  | 10.089333 | .2270488       | .1310867   | 9.525313                         | 10.653354   | 9.8401  | 10.2844 |
| Total | 12 | 9.427300  | .4979659       | .1437504   | 9.110908                         | 9.743692    | 8.7828  | 10.2844 |

**Test of Homogeneity of Variances**

Viskositas

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 1.485            | 3   | 8   | .290 |

Hasil pengujian ditemukan bahwa  $F_{hitung} = 1,485$  dengan signifikansi 0,290. Oleh karena nilai signifikansi  $> 0,05$  maka dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok bersifat homogen. Dengan demikian prasyarat untuk dapat menggunakan Anova terpenuhi.

## ANOVA

Viskositas

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 2.416          | 3  | .805        | 20.636 | .000 |
| Within Groups  | .312           | 8  | .039        |        |      |
| Total          | 2.728          | 11 |             |        |      |

Pada tabel tersebut ditemukan harga F hitung sebesar 20,636 dengan sig = 0,000. Oleh karena nilai sig < 0,05 maka  $H_0$  ditolak sehingga dapat disimpulkan ada perbedaan rata-rata massa jenis biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>. Untuk mengetahui perbedaan nilai viskositas diantara keempat jenis biodiesel perlu dilakukan *Post Hoc Test* yang menggunakan LSD (Least Signification Difference) dengan hasil sebagai berikut:

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Viskositas

LSD

| (I)<br>sampel | (J)<br>kode sampel | Mean Difference<br>(I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|---------------|--------------------|--------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|               |                    |                          |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| BA            | BB                 | -.2369333                | .1612816   | .180 | -.608849                | .134983     |
|               | BC                 | -.6561333*               | .1612816   | .004 | -1.028049               | -.284217    |
|               | BD                 | -1.1804000*              | .1612816   | .000 | -1.552316               | -.808484    |
| BB            | BA                 | .2369333                 | .1612816   | .180 | -.134983                | .608849     |
|               | BC                 | -.4192000*               | .1612816   | .032 | -.791116                | -.047284    |
|               | BD                 | -.9434667*               | .1612816   | .000 | -1.315383               | -.571551    |
| BC            | BA                 | .6561333*                | .1612816   | .004 | .284217                 | 1.028049    |
|               | BB                 | .4192000*                | .1612816   | .032 | .047284                 | .791116     |
|               | BD                 | -.5242667*               | .1612816   | .012 | -.896183                | -.152351    |
| BD            | BA                 | 1.1804000*               | .1612816   | .000 | .808484                 | 1.552316    |
|               | BB                 | .9434667*                | .1612816   | .000 | .571551                 | 1.315383    |
|               | BC                 | .5242667*                | .1612816   | .012 | .152351                 | .896183     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.


Untuk melihat perbedaan massa jenis antar biodiesel dapat dilihat pada kolom sig. Jika nilai sig < 0,05 dapat disimpulkan bahwa dari keempat biodiesel terdapat perbedaan massa jenis.

Analisis LSD pada post hoc test terlihat bahwa nilai massa jenis:

5. Biodiesel B<sub>A</sub> berbeda dengan Biodiesel B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05) tetapi sama dengan B<sub>B</sub> (karena nilai sig > 0,05)
6. Biodiesel B<sub>B</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05) tetapi sama dengan B<sub>A</sub> (karena nilai sig > 0,05)
7. Biodiesel B<sub>C</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub> dan B<sub>D</sub> (karena nilai sig < 0,05)
8. Biodiesel B<sub>D</sub> berbeda dengan biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub> dan B<sub>C</sub> (karena nilai sig < 0,05)

**E. Hasil Uji Titik Nyala dan Titik Tuang Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub>, B<sub>D</sub>**

Penentuan titik nyala dan titik tuang biodiesel dilakukan di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas, dan Batubara Teknik Kimia Universitas Gajah Mada dengan metode pemeriksaan IKU/5.4/TK-03/D97 untuk titik nyala dan IKU/5.4/TK-04/D97 untuk titik tuang. Data yang diperoleh ditampilkan sebagai berikut:



Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
 Jalan Gantika No. 2 Yogyakarta Telp. 0274 - 6492171 - 6492173 0274 6492170 Fax. 0274 553520  
 E-Mail : [departementk@chemeng.ugm.ac.id](mailto:departementk@chemeng.ugm.ac.id) ; <http://chemeng.ugm.ac.id>


**LAPORAN HASIL UJI**  
 Nomor : 002/H.1.17/TK/TMBGB/PL/2015


Laporan Hasil pengujian dibuat untuk :

Nama : Tohari, NIM. 11307141024  
 Alamat : Mahasiswa S1 Jurusan Kimia Fak. MIPA UNY Yogyakarta  
 Nomor Sampel : 002/TMBGB/2015  
 Nama Sampel : Cairan Biodiesel  
 Tgl terima sampel : 29 Desember 2014  
 Tanggal dikerjakan : 6 Januari 2015

**HASIL UJI**


| No. | Jenis Pemeriksaan    | Satuan | Minyak Biodiesel |      |      |      | Metode Pemeriksaan |
|-----|----------------------|--------|------------------|------|------|------|--------------------|
|     |                      |        | BA               | BB   | BC   | BD   |                    |
| 1.  | Flash Point P.M.c.c. | °C     | 30.5             | 36.5 | 33.5 | 46.5 | IKU/5.4TK-03/ D 97 |
| 2   | Pour Point           | °C     | -9               | -6   | -3   | 36   | IKU/5.4TK-04/ D 97 |

Mengetahui :  
 Ketua Jurusan Teknik Kimia FT UGM  
  
 I. Widi, Faturrozi, M.Sc, Ph.D  
 NIP. 9650918 199103 1 002

Yogyakarta, 14 Februari 2015  
 Kepala,  
  
 Dr. Ir. Bardt Murachman, SU, DEA  
 NIP. 19500422 198003 1 002

Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diterima Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.


Hasil uji kalor Pembakaran Biodiesel B<sub>A</sub> (waktu 50 menit)

  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
PUSAT STUDI PANGAN DAN GIZI

**LAPORAN HASIL UJI**  
(Analysis Certificate)  
No.PSPG/046/II/2015


**Nomor Pengujian** : PS/070/II/2015  
(Analysis Report Number)  
**Nama Pelanggan** : Tohari  
(Name of client)  
**Alamat Pelanggan** : UNY  
(Address of client)  
**No. Telepon Pelanggan** :  
(Phone No. of client)  
**Contoh Uji** : Cairan  
(Type of sample)  
**Tanggal Penerimaan Contoh Uji** : 4 Februari 2015  
**Tanggal Pengujian** : 5 Februari 2015  
(Date of analysis)  
**Metode Uji** :  
(Analysis Method)  
**Hasil Uji** :  
(Analysis Result)

| No. | Kode sampel  | Hasil Analisa |          |
|-----|--------------|---------------|----------|
|     |              | Kalori        | Kal/gr   |
| 1.  | Biodiesel BA | 9402,591      | 9748,633 |

Yogyakarta, 13 Februari 2015  
Ketua Divisi Pelayanan Masyarakat,  
  
Prof. Dr. Ir. Sutardi, M.App.Sc.  
NIP. 19481103197411001

Gedung PAU Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknika Utara, Berek, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 6492282, 589242 Fax. (0274) 589242  
E-mail: cfns@ugm.ac.id; Website: www.cfns.ugm.ac.id

**Hasil uji kalor Pembakaran Biodiesel B<sub>B</sub> (waktu 75 menit)**

  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
PUSAT STUDI PANGAN DAN GIZI

**LAPORAN HASIL UJI**  
*(Analysys Certificate)*  
No.PSPG/414/XI/2014

**Nomor Pengujian** : PS/604/XI/2014  
*(Analysis Report Number)*

**Nama Pelanggan** : Tohari  
*(Name of client)*

**Alamat Pelanggan** :  
*(Address of client)*

**No. Telepon Pelanggan** :  
*(Phone No. of client)*

**Contoh Uji** : Biodiesel  
*(Type of sample)*



**Tanggal Penerimaan Contoh Uji** : 21 Nopember 2014  
**Tanggal Pengujian** : 22 Nopember 2014  
*(Date of analysis)*

**Metode Uji** :  
*(Analysis Method)*

**Hasil Uji** :  
*(Analysis Result)*

| No. | Kode sampel | Hasil Analisa |          |
|-----|-------------|---------------|----------|
|     |             | Kalori        | Kal/g    |
| 1.  | B8          | 9898.926      | 9924.895 |


Yogyakarta, 27 Nopember 2014  
Ketua Divisi Pelayanan Masyarakat,

Prof. Dr. Ir. Sutardi, M.App.Sc.  
NIP. 19481103197411001

Gedung PAU Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknika Utara, Berek, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 6492282, 589242 Fax. (0274) 589242  
E-mail: cfns@ugm.ac.id; Website: www.cfns.ugm.ac.id

Hasil uji kalor Pembakaran Biodiesel B<sub>C</sub> (waktu 100 menit)

  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
PUSAT STUDI PANGAN DAN GIZI

**LAPORAN HASIL UJI**  
(Analysys Certificate)  
No.PSPG/028/I/2015

**Nomor Pengujian** : PS/034/I/2015  
(Analysis Report Number)

**Nama Pelanggan** : Tohari  
(Name of client)

**Alamat Pelanggan** :  
(Address of client)

**No. Telepon Pelanggan** :  
(Phone No. of client)


**Contoh Uji** : Cairan  
(Type of sample)

**Tanggal Penerimaan Contoh Uji** : 19 Januari 2015  
**Tanggal Pengujian** : 20 Januari 2015  
(Date of analysis)

**Metode Uji** :  
(Analysis Method)


**Hasil Uji** :  
(Analysis Result)

| No. | Kode sampel | Hasil Analisa   |          |
|-----|-------------|-----------------|----------|
|     |             | Kalori<br>Kal/g |          |
| 1.  | BC          | 9356.854        | 9262.552 |

Yogyakarta, 29 Januari 2015  
Ketua Devisi Pelayanan Masyarakat,  
  
Prof. Dr. Ir. Sutardi, M.App.Sc.  
NIP. 19481103197411001

Gedung PAU Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknika Utara, Berek, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 6492282, 589242 Fax. (0274) 589242  
E-mail: cfns@ugm.ac.id; Website: www.cfns.ugm.ac.id

Hasil uji kalor Pembakaran Biodiesel B<sub>D</sub> (waktu 125 menit)

  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
PUSAT STUDI PANGAN DAN GIZI

**LAPORAN HASIL UJI**  
*(Analysis Certificate)*  
No.PSPG/356/XI/2014

**Nomor Pengujian** : PS/592/XI/2014  
*(Analysis Report Number)*

**Nama Pelanggan** : Tohari  
*(Name of client)*

**Alamat Pelanggan** :  
*(Address of client)*

**No. Telepon Pelanggan** :  
*(Phone No. of client)*

**Contoh Uji** : Biodiesel  
*(Type of sample)*

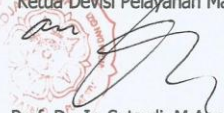
**Tanggal Penerimaan Contoh Uji** : 14 Nopember 2014

**Tanggal Pengujian** : 15 Nopember 2014  
*(Date of analysis)*

**Metode Uji** :  
*(Analysis Method)*

**Hasil Uji** :  
*(Analysis Result)*

| No. | Kode sampel | Hasil Analisa   |          |
|-----|-------------|-----------------|----------|
|     |             | Kalori<br>Kal/g |          |
| 1.  | Bd          | 9352.894        | 9173.868 |

Yogyakarta, 21 Nopember 2014  
Ketua Divisi Pelayanan Masyarakat,  
  
Prof. Dr. Ir. Sutardi, M.App.Sc.  
NIP. 19481103197411001

Gedung PAU Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknika Utara, Berek, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 6492282, 589242 Fax. (0274) 589242  
E-mail: cfns@ugm.ac.id; Website: www.cfns.ugm.ac.id

Lampiran 18

**Hasil karakterisasi Biodiesel B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>, B<sub>C</sub> dan B<sub>D</sub>**

| Karakter                                   | Biodiesel                    |                              |                               |                               |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | B <sub>A</sub><br>(50 menit) | B <sub>B</sub><br>(75 menit) | B <sub>C</sub><br>(100 menit) | B <sub>D</sub><br>(125 menit) |
| Massa Jenis pada 40°C (kg/m <sup>3</sup> ) | 867,23                       | 867,83                       | 8868,73                       | 869,43                        |
| Viskositas Kinematik pada 40°C (cSt)       | 8,9089                       | 9,1458                       | 9,5650                        | 10,0893                       |
| Titik Tuang (°C)                           | -9                           | -6                           | -3                            | 36                            |
| Titik Nyala (°C)                           | 30,5                         | 36,5                         | 33,5                          | 46,5                          |
| Kalor Pembakaran (kal/g)                   | 9575,612                     | 9911,9105                    | 9309,708                      | 9263,381                      |

Lampiran 19

**Dokumentasi Penelitian**



Serbuk Biji Kapuk



Proses Ekstraksi Sokhlet



Proses Evaporasi



Minyak Biji Kapuk



Titration FFA



Proses Transesterifikasi



Pencucian Biodiesel Pertama



Pencucian Biodiesel beberapa kali



Biodiesel Bebas Gliserol



Uji Massa Jenis Biodiesel



Uji Viskositas Biodiesel



Biodiesel Hasil Transesterifikasi