



**SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN"  
2009**

***Pengembangan Teknologi Kimia  
Untuk Pengolahan Sumber Daya  
Alam Indonesia***

**28 Januari 2009**

**PROSIDING**

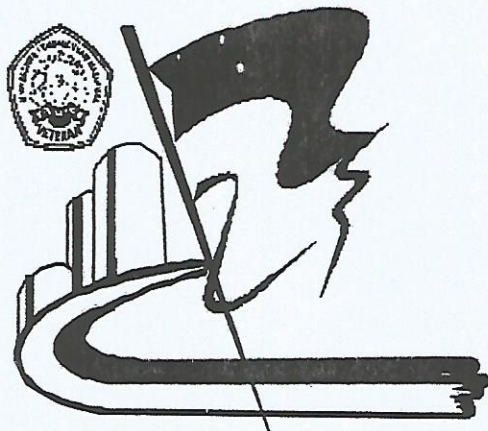


**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**

**PROSIDING**

**SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2009**

*Pengembangan Teknologi Kimia  
untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*



*Yogyakarta, 28 Januari 2009*

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**



---

## ***REVIEWER***

*Reviewer* pada Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2008 ini meliputi :

1. Prof. Dr. Ir. H. Supranto, SU (UPN "Veteran" Yogyakarta)
2. Prof. Ir. Wahyudi Budi Sediawan, SU, PhD (UGM)
3. Prof. Ir. Suryo Purwono, MASc, PhD (UGM)



**SUSUNAN PANITIA**  
**SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2009**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA**

- PENANGGUNG JAWAB** : Pengurus Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta
- PANITIA PENGARAH** :
- Ketua : Dr. Ir. IGS. Budiaman, MT.  
Anggota : 1. Prof. Ir. Wahyudi Budi Sediawan, SU, PhD.  
2. Ir. Suryo Purwono, MSc, PhD.  
3. Ir. Gunarto, MS.  
4. Ir. Widayati, MT, PhD.  
5. Ir. Danang Jaya, MT.  
6. Ir. Zubaidi Achmad, MT.
- PANITIA PELAKSANA** :
- Ketua : 1. Ir. Zubaidi Achmad, MT.  
2. Ir. Bambang Sugiarto, MT.  
Sekretaris : 1. Ir. Abdullah Kuntaarsa, MT.  
2. Dra. Sri Wahyu Murni, MT.  
Bendahara : 1. Ir. Endang Sulistyowati, MT.  
2. Ir. Dyah Tri Retno, MM.
- KOORDINATOR BIDANG:**
- 1.Seksi Acara dan Sidang** : 1. Ir. Sri Sudarmi, MSc.  
2. Ir. Titik Mahargiani, MT.
- 2.Seksi Materi dan Prosiding** : 1. Siswanti, ST, MT.  
2. Siti Diyar Kholisoh, ST, MT.  
3. Ir. Tutik Muji Setyoningrum, MT.
- 3.Seksi Dana dan Promosi** : 1. Dr. Ir. M Syahri, MT.  
2. Ir. Gogot Haryono, MT.
- 4.Seksi Publikasi Dokumentasi, dan Dekorasi** : 1. Dr. Y. Deddy Hermawan, ST, MT.  
2. Ir. Harso Pawignyo, MT.
- 5.Seksi Perlengkapan** : 1. Ir. Wasir Nuri  
2. Ketua HMTK
- 6.Seksi Konsumsi** : 1. Ir. Faizah Hadi, MT.  
2. Ir. Tunjung Wahyu Widayati, MT.
- Pembantu Pelaksana** : Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia  
FTI UPN "Veteran" Yogyakarta



## DAFTAR MAKALAH SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2009

### MAKALAH PEMBICARA UTAMA :

**Peran Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam**

**( Migas ) Indonesia**

**Prof. DR. Heri Susanto**

**Staf Pengajar ITB**

**Ir. MA Hanafi**

**PT Agip Oil**

### A. Perpindahan Massa dan Panas

KODE	JUDUL MAKALAH	PEMAKALAH
A-01	Pemodelan Water Loss dan Solid Gain pada Osmotic Dehydration Appel	Aditya Putranto Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Universitas Katolik Parahyangan Jalan Ciumbuleuit 94 Bandung Email: <a href="mailto:adityaptr@yahoo.com">adityaptr@yahoo.com</a>
A-02	Review of Kinetics and Advanced Mass Transfer Modeling of Adsorption	Aditya Putranto Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Universitas Katolik Parahyangan Jalan Ciumbuleuit 94 Bandung Email: <a href="mailto:adityaptr@yahoo.com">adityaptr@yahoo.com</a>
A-03	Effects of Temperature and Sugar Concentration on Rheology of Dodol (Concoction)	<u>Aditya Putranto</u> , Martin Endra Ajie Soepringgo Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Universitas Katolik Parahyangan Jalan Ciumbuleuit 94 Bandung Telp/Fax : (022) 2032700 Email: <a href="mailto:adityaptr@yahoo.com">adityaptr@yahoo.com</a>
A-04	Studi Adsorpsi Zat Warna Methyl Violet Dengan Menggunakan Kulit Pisang	Sirin Fairus, Jono Suhartono, Nurhayati dan Fathia Ariefa Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Institut Teknologi Nasional - Bandung Jl. PHH Mustafa 23 Bandung Email: <a href="mailto:s.fairu@gmail.com">s.fairu@gmail.com</a>
A-05	DRYING PAPAIN ENZYME USE SPRAY DRYER	Muyassaroh Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Institut Teknologi Nasional – Malang Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang Telp 0341-551431 Fax 0341-553015 E-mail : <a href="mailto:muyassrh@yahoo.co.id">muyassrh@yahoo.co.id</a>
A-06	Desulfurisasi Batubara secara Leaching dengan Senyawa Hipoklorit	Novy P. Putri, Imam Prasetyo, Rochmadi Jurusan Teknik Kimia, FT Industri Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika 2 Kampus UGM Yogyakarta Email: <a href="mailto:novylisa@yahoo.com">novylisa@yahoo.com</a>



F-08	Bio-diesel Production from Kapok Seed Oil	Sri Wahyu Murni, Widayati, Sonya Mareta dan Anggi Widianjati Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta Jl SWK 104 Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta telp. 0274 486889 E-mail : <a href="mailto:wahyuswm@yahoo.com">wahyuswm@yahoo.com</a>
F-09	Pengaruh Konsentrasi Garam, Konsentrasi Surfaktan, dan Viskositas Minyak terhadap Tegangan Antarmuka Minyak-Air	Budiaman, IGS. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta Jl SWK 104 Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta telp. 0274 486889
F-10	SISTEM ENERGI TERBARUKAN TERSAMBUNG JARINGAN LISTRIK UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN ENERGI: PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI SURYA TERSAMBUNG JARINGAN LISTRIK, KAPASITAS 5 KWp.	Tjukup Marnoto Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta Jl SWK 104 Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta telp. 0274 486889 E-mail : <a href="mailto:tjukup@gmail.com">tjukup@gmail.com</a>
F-11	Desulfurisasi Batubara secara Leaching dengan Senyawa Hipoklorit	Novy P. Putri, Imam Prasetyo, Rochmadi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika 2 Kampus UGM Yogyakarta
F-12	Modeling Simplified Kinetic of Biomass Gasification Reactor in C# Code using CAPE-Open Interface	Oka Pradipta Arjasa*, Eniya Listiani Dewi, Agus Hadi Santosa W. Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi dan Material Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Jl. M.H. Thamrin 8, BPPT II, lantai 22, Jakarta Telp. (021)3169887 E-mail : <a href="mailto:oka.arjasa@webmail.bppt.go.id">oka.arjasa@webmail.bppt.go.id</a> , <a href="mailto:enivalist@webmail.bppt.go.id">enivalist@webmail.bppt.go.id</a> <a href="mailto:oka.arjasa@yahoo.co.uk">oka.arjasa@yahoo.co.uk</a>
F-13	Fermentasi Nira Nipah Menjadi Etanol Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae	Chairul dan Is Sulistyati Purwaningsih Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Jalan Raya Soebrantas km. 12,5 Pekanbaru – Riau Telp. : 0761-566937 / 081365405747 E-mail : <a href="mailto:chairulunri@yahoo.com">chairulunri@yahoo.com</a>



## Bio-diesel Production from Kapok Seed Oil

Sri Wahyu Murni, Widayati, Sonya Maretta dan Anggi Widianjati

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta  
JI SWK 104 Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta Telp. (0274) 486889  
email:wahyuswm@yahoo.com

### Abstract

Indonesia's rapid growth of people and industries causes the rising demand of fuel oil. Consequently, the lack of fuel oil availability in the future will become a very serious problem and facing the challenges to find out some alternative resources for producing fuel oil will be a must. Conversion fatty acid to fatty acid methyl ester (FAME) can be used to substitute the diesel oil (bio-diesel). Fatty acid as raw material for production bio-diesel is mainly selected from non-edible oils such as castor oil, nyamplung oil, and kapok seed oil. This research was aimed to find out the optimum conditions for esterification process of kapok seed oil as substrate for producing bio-diesel, including reaction time and the amount of catalyst added, and to study its purification processes. The low content of free fatty acid (FFA) in initial oil ( $< 5\%$ ) caused the bio-diesel production in this research was carried out only by a transesterification process. Bio-diesel was produced with oil-to-methanol molar ratio of 1:6. Kapok seed oil and solution of KOH in methanol were mixed together at  $60^{\circ}\text{C}$ . This reaction was conducted at stirring speed of 800 rpm in a three-neck flask equipped with a condenser. After certain time periods of reaction, bio-diesel produced was sampled, purified, and analyzed. Optimum conditions obtained from these experiments at oil-to-methanol molar ratio of 1:6 and temperature of  $60^{\circ}\text{C}$  were the reaction time of 30 minutes and the amount of catalyst of 1.25% weight of KOH/volume of oil. At this condition, oil conversion of 86.20% was obtained. From the kinetics viewpoint, this reaction was pseudo-first order with respect to oil concentration and with the specific rate ( $k$ ) of  $0.0283 \text{ min}^{-1}$ . The bio-diesel product met the SNI (Standar Nasional Indonesia) specification, except the carbon content (that is still high enough, i.e. 0.21%) and the free glycerol content (0.05%).

**Keywords:** Bio-diesel, transesterification, kapok seed oil

### 1. Pendahuluan

#### Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara penghasil minyak bumi, namun demikian meningkatnya konsumsi bahan Bakar Minyak/BBM (Tabel 1.) karena pesatnya pertumbuhan industri dan penduduk, maka diperkirakan Indonesia akan terjadi kekurangan BBM pada masa yang akan datang. Tampak bahwa penggunaan solar lebih banyak dibandingkan BBM lain. Usaha untuk mencari dan mengembangkan sumber bahan bakar alternatif telah banyak dilakukan antara lain menggunakan bahan-bahan yang dapat terbarukan misalnya menggunakan minyak nabati melalui konversi minyak menjadi metil ester sebagai pengganti bahan bakar diesel dan lain sebagainya.

**Tabel 1. Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Indonesia**  
(dalam juta barel per hari/bph)

Jenis BBM	Tahun					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Premium	12,4	13,0	13,7	14,6	17,0	17,5
Minyak tanah	12,4	12,3	11,7	11,8	11,9	11,3
Solar	21,7	23,3	24,2	24,0	26,5	27,5
Minyak Bakar	6,0	6,1	6,3	6,2	5,7	4,7

(Prihandana, 2006)

Biodiesel (metil ester) adalah salah satu bahan bakar alternatif yang diharapkan dapat mengatasi ketersediaan bahan bakar minyak bumi yang semakin hari semakin menipis. Selain itu biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, sehingga dapat menurunkan emisi gas buang bila dibandingkan dengan minyak diesel. Hal yang paling penting biodiesel berasal dari sumber

daya yang dapat diperbaharui (*renewable*). (Soerawidjaja, 2005)

Minyak nabati sebagai baku pembuatan biodiesel banyak tersedia di Indonesia yang meliputi minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak, minyak biji nyamplung, minyak biji kapuk dan lain sebagainya. Penggunaan minyak sawit bersaing dengan penggunaannya sebagai minyak goreng untuk keperluan domestik maupun ekspor. Oleh karenanya perlu dicari bahan baku yang murah dan pemakaiannya tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia. Tanaman jarak juga mulai/sedang dibudidayakan sebagai bahan baku pembuatan metil ester, diharapkan harganya lebih murah dari pada minyak sawit.

Di Indonesia tanaman kapuk banyak ditemukan di pinggir-pinggir jalan sebagai turus jalan yang memiliki fungsi ganda yaitu sebagai peneduh dan diambil hasilnya. Tanaman kapuk memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Serat kapuk banyak digunakan untuk bahan baku industri *mebel* dan kapuknya digunakan untuk industri pemintalan (tekstil). Biji kapuk memiliki kandungan minyak sebesar 20-25% berat biji kering (Bailey, 1951). Oleh karena itu biji kapuk sangat berpotensi dijadikan bahan penghasil minyak nabati. Dalam penelitian ini akan digunakan minyak biji kapuk sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel dari minyak biji kapuk dan menentukan kondisi optimumnya yaitu waktu reaksi dan penambahan jumlah katalisator pada proses transesterifikasi, serta pemurnian hasilnya.

### Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif untuk memperoleh bahan bakar terbarukan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### Biodiesel

Biodiesel dalam pengertian ilmiah terluas adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa, sedangkan dalam pengertian industri/komersil di masa kini adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil asam-asam lemak dan memenuhi persyaratan mutu yang berlaku di wilayah target pemasaran. (Soerawidjaja, 2005)

### Bahan Baku Pembuatan Biodiesel

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah bahan yang mengandung minyak/lemak nabati. Diutamakan bahan mentah non-pangan, yang tidak ditentukan oleh permintaan dari sektor pangan (karena bahan pangan adalah kebutuhan paling vital). Indonesia memiliki tumbuhan penghasil minyak lemak yang dapat

diproses menjadi biodiesel, diantaranya: kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, kapuk, dan sebagainya. (Soerawidjaja, 2005)

Minyak kelapa dan kelapa sawit merupakan minyak pangan, sedangkan minyak jarak, minyak biji kapuk merupakan minyak non pangan. Minyak biji kapuk diperoleh dari biji kapuk dengan kandungan minyak sebesar 25% berat biji kapuk (*Eriodendrom Anfractousum*) dan hasil samping berupa serat kapuk. Minyak ini diproduksi dengan metode pengepresan. (Bailey, 1951)

Biji kapuk, merupakan salah satu biji-bijian penghasil minyak lemak yang dapat diproses menjadi biodiesel. Minyak tersebut harus diubah menjadi ester melalui reaksi transesterifikasi. Metil ester dari minyak biji kapuk mempunyai sifat fisika yang setara dengan minyak diesel (solar). Adapun sifat fisika minyak biji kapuk, ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Sifat fisika minyak biji kapuk (Ketaren,1986)**

No.	Sifat Fisika	Harga
1.	Berat jenis pada 15°C, g/ml	0,918-0,922
2.	<i>Iodine number</i> , % -m	108
3.	<i>Saponification number</i>	195
4.	<i>Unsaponification number</i>	0,5-1,8%

Minyak biji kapuk terutama mengandung asam lemak tak jenuh dan memiliki viskositas yang rendah sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Komposisi utamanya adalah asam oleat (46,1%) yang merupakan asam lemak tak jenuh. Komposisi minyak biji kapuk disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Komposisi asam lemak minyak biji kapuk secara umum (Hilditch, 1949)**

No.	Komposisi	Komposisi (%)
1.	Asam lemak jenuh : a. Asam lemak palmitat (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH) b. Asam Stearat (C <sub>10</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> ) c. Asam Arachidat (C <sub>2</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub> )	10,5% 8,5% 1,3%
2.	Asam lemak tak jenuh : a. Asam Oleat (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> ) b. Asam Linoleat (C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	46,1% 33,6%

Komposisi minyak sebagai bahan baku sangat berpengaruh pada angka setana dari biodiesel yang dihasilkan. Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh komposisi minyak nabati terhadap angka setana biodiesel yang dihasilkan. Diantaranya adalah penelitian Bamboye dan Hansen (2007); dinyatakan bahwa hubungan empiris antara angka setana biodiesel sebagai fungsi dari komposisi asam lemak dari minyak yang digunakan. Persamaan empiris yang dihasilkan oleh



penelitian Bamboye dan Hansen (2007) dinyatakan pada persamaan (1).

$$CN = 61,1 + 0,0088x_2 + 0,133x_3 + 0,152x_4 - 0,101x_5 - 0,039x_6 - 0,243x_7 - 0,395x_8 \dots(1)$$

dimana:

- CN = Angka Setana
- $x_2$  = Asam Mirsat
- $x_3$  = Asam Palmitat
- $x_4$  = Asam Sterat
- $x_5$  = Asam Palmetoleat
- $x_6$  = Asam Oleat
- $x_7$  = Asam Linoleat
- $x_8$  = Asam Linolenat

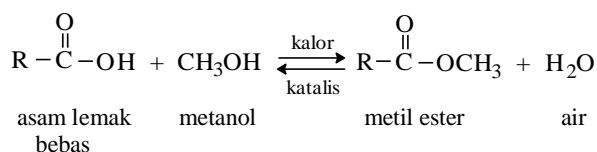
### Proses Pembuatan Biodiesel

Komposisi minyak nabati adalah trigliserida dan sedikit asam lemak bebas/ *free fatty acid (FFA)*. Pada proses transesterifikasi, apabila jumlah asam lemak bebas cukup besar maka akan menghasilkan sabun sehingga mengurangi perolehan metil ester dan mengkonsumsi katalis, sehingga dibutuhkan katalis yang besar. Oleh karenanya, jika minyak memiliki kandungan FFA yang cukup besar; maka sebelum proses transesterifikasi maka perlu dilakukan proses esterifikasi untuk mengubah asam lemak bebas menjadi ester.

Proses pembuatan biodiesel (metil ester) dari minyak dengan kadar FFA  $\leq 5\%$  dilakukan hanya dengan satu tahap yaitu transesterifikasi. Namun, proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kadar FFA  $> 5\%$  dilakukan dengan dua tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Dua tahap ini harus dilakukan karena minyak mutu rendah mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Langkah-langkah pembuatan metil ester (biodiesel) adalah sebagai berikut:

#### Esterifikasi

Esterifikasi yaitu reaksi pembentukan ester yang terjadi apabila minyak direaksikan dengan alkohol membentuk air dan ester. Dalam hal ini yang mengalami proses esterifikasi adalah asam lemak bebas (*free fatty acid*) yang terkandung dalam minyak dan metanol dengan katalisator asam.

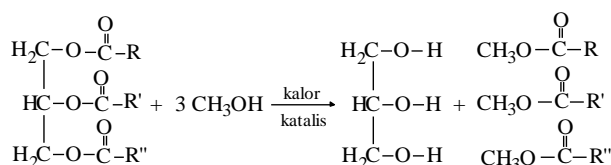


Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (%FFA  $> 5\%$ ). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpangkan ke tahap transesterifikasi, air dan

bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu. (Ma, dkk. 1999)

### Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi penggantian gugus alkohol dari suatu ester dengan alkohol lain. Pada pembuatan biodiesel alkohol yang umum dipakai adalah etanol dan metanol. Jika digunakan metanol maka ester yang terbentuk disebut metil ester. Reaksi ini dapat dikatalisis oleh asam, basa dan enzim. Transesterifikasi yang dikatalisis basa jauh lebih cepat dari pada yang dikatalisis oleh asam, sehingga jauh lebih banyak digunakan dalam penggunaan komersial. Katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH, KOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOCH}_3$  dan lain-lain. Reaksi antara trigliserida dengan metanol adalah sebagai berikut:



trigliserida metanol gliserol metil ester

Secara stoikiometri diperlukan tiga molekul alkohol untuk setiap molekul trigliserida yang direaksikan (3:1). Namun, untuk mendorong agar konversi metil ester maksimal maka rasio yang dibutuhkan lebih dari itu.

Reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa, maka trigliserida dan alkohol, yang digunakan sedapat mungkin anhidrat, karena air dapat menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi yang menghasilkan sabun. Sabun yang terbentuk dapat menurunkan perolehan ester dan menyulitkan pemisahan ester dan gliserol. Kandungan asam lemak bebas juga harus rendah. (Ma, dkk.1999)

Variabel-variabel yang mempengaruhi konversi proses transesterifikasi adalah: kandungan air dan asam lemak bebas dalam minyak nabati, rasio molar methanol-trigliserida, waktu reaksi dan suhu.

#### a. Kandungan air dan asam lemak bebas

Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis, jika kandungan asam lemak bebasnya banyak maka akan dibutuhkan basa yang banyak pula (Prihandana, dkk. 2007). Selain itu sabun yang terbentuk menyebabkan kekentalan campuran reaksi meningkat atau terbentuk gel, hal ini akan menyulitkan pemisahan gliserol.

Bahan baku yang digunakan pada metanolisis trigliserida yang dikatalisis oleh alkali harus memenuhi spesifikasi tertentu. Kandungan asam lemak bebas tidak melebihi 0,1% berat dan bebas-air. Metanol juga dikehendaki bebas air.

### b. Rasio molar metanol-trigliserida

Secara stoikiometri reaksi dibutuhkan 3 mol metanol untuk tiap mol trigliserida untuk menghasilkan 3 mol metil ester asam lemak dan 1 mol gliserol. Secara umum rasio molar semakin besar akan meningkatkan konversi, peneliti-peneliti terdahulu memperoleh konversi tinggi pada rasio molar metanol trigliserida 6:1.

Agar reaksi dapat bergeser kearah produk, alkohol yang ditambah harus berlebih dari kebutuhan stoikiometrinya. Menurut Junek dan Mittelbacach (1988), perbandingan yang digunakan adalah antara 3,3-5,25 : 1, dengan perolehan 74-89%, Sedangkan menurut Brandshaw dan Meuly (1944) menyatakan bahwa perbandingan yang digunakan adalah 4,8 : 1, dengan perolehan metil ester yang dihasilkan 97-98,5%.

Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6:1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99% (Freedman, dkk. 1984). Peningkatan alkohol terhadap trigliserida akan meningkatkan konversi tetapi menyulitkan pemisahan gliserol.

### c. Katalisator

Ada 3 golongan katalis yang dapat digunakan yaitu asam, basa, dan enzim. Sebagian besar proses transesterifikasi komersil dijalankan dengan katalis basa (KOH, NaOH dan lain-lain), karena reaksi berjalan sangat cepat dibandingkan dengan katalis asam. Sedangkan katalis yang digunakan pada proses esterifikasi adalah katalis asam ( $H_2SO_4$ , HCl dan lain-lain). (Groggins, 1958)

### d. Suhu

Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai suhu, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika suhu semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Konversi akhir trigliserida hanya sedikit dipengaruhi oleh suhu reaksi. Pada penelitian ini suhu di jalankan didekat titik didih metanol yaitu  $60^\circ C$  (Ma, dkk. 1999).

### e. Pengadukan

Reaksi dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul yang terlibat dalam reaksi. Dengan memperbesar kecepatan pengadukan maka jumlah tumbukan antar molekul akan semakin besar sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar.

### f. waktu reaksi

Freedman (1984) meneliti waktu reaksi terhadap perolehan metil ester minyak kedelai, minyak bunga matahari dan Minyak kacang tanah. Untuk minyak kedelai perolehan metil ester m encapai 80% setelah 1 menit, sedangkan minyak kacang perolehan metil ester hanya 53%. Setelah 1 jam perolehan ketiga minyak tersebut meningkat sampai 93-98%.

Disamping faktor-faktor tersebut di atas, proses pemisahan hasil diperlukan untuk memperoleh

metil ester sesuai standar biodiesel. Pemisahan hasil bertujuan memisahkan gliserol dan metanol sisa.

### Kinetika Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi minyak dengan metanol dapat dituliskan sebagai berikut:



Persamaan kecepatan reaksi (2) tersebut adalah sebagai berikut:

$$-r_M = \frac{dC_M}{dt} = k_1 C_M^m C_A^n - k_2 C_G^p C_E^q \quad \dots\dots(3)$$

Rasio molar minyak:metanol secara stoikiometri adalah 1:3. Bila digunakan metanol berlebih dan reaksi ke kiri diabaikan, maka persamaan (3) menjadi:

$$-r_M = -\frac{dC_M}{dt} = k_1 C_M^m C_A^n \quad \dots\dots(4)$$

Apabila konsentrasi metanol dianggap tidak berubah maka persamaan (4) menjadi:

$$-r_M = -\frac{dC_M}{dt} = k C_M^m \quad \dots\dots(5)$$

Harga m dapat ditentukan dengan cara *trial and error* menggunakan data percobaan antara konsentrasi reaktan (minyak) pada berbagai waktu reaksi. Apabila harga m diasumsikan sama dengan satu maka reaksi disebut berorder satu semu, persamaan (5) menjadi:

$$-r_M = -\frac{dC_M}{dt} = k C_M \quad \dots\dots(6)$$

Hasil integrasi persamaan (6) adalah:

$$\ln \frac{C_M}{C_M^o} = kt \quad \dots\dots(7)$$

Jika  $C_M = C_M^o (1 - X)$ , maka persamaan (7) menjadi:

$$-\ln(1 - X) = kt \quad (8)$$

Persamaan (8) adalah persamaan garis lurus dengan absis t dan ordinat  $-\ln(1-X)$ .

## 3. Metodologi

### Bahan Baku

Minyak biji kapuk yang digunakan sebelumnya dianalisis kadar air, bilangan asam, bilangan penyabunan serta komposisi asam lemak.

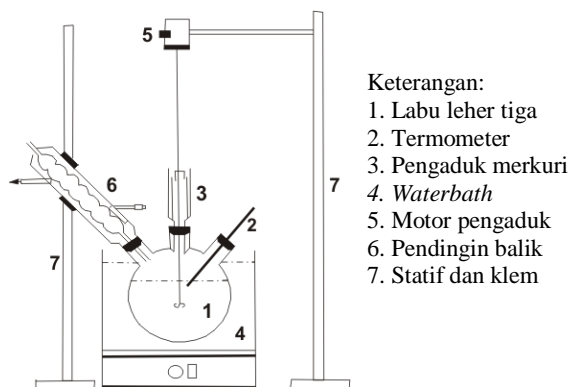
Metanol  
KOH

### Bahan untuk Analisis

Asam Klorida (HCl), Indikator Phenol Phthlein (PP), Alkohol 95%, kloroform ( $CHCl_3$ ), kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ), asam periodat ( $HIO_4 \cdot 2H_2O$ ), asam asetat glasial, kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ), indikator pati

## Alat

Rangkaian alat transesterifikasi disajikan pada Gambar 1.



- Keterangan:
1. Labu leher tiga
  2. Termometer
  3. Pengaduk merkuri
  4. Waterbath
  5. Motor pengaduk
  6. Pendingin balik
  7. Statif dan klem

**Gambar 1. Rangkaian Alat Transesterifikasi**

## Cara Penelitian

Hasil analisis bahan baku menunjukkan kadar FFA sebesar 4,5884% dan kadar air 1,6%. Karena kadar FFA < 5%, maka tidak diperlukan proses esterifikasi.

## Proses Transesterifikasi (Metanolisis)

Reaksi metanolisis dilaksanakan dalam labu leher tiga yang dilengkapi pengaduk, termometer dan kondenser untuk mengkondensasikan uap metanol. Minyak biji kapuk dimasukkan dalam reaktor dan dipanaskan sampai suhu 60°C. Pada saat yang bersamaan metanol dan katalis KOH dipanaskan sampai suhu 60°C pada bejana yang berbeda. Selanjutnya campuran metanol dan KOH tersebut dimasukkan ke dalam reaktor dan pengadukan (800 rpm) dimulai. Waktu reaksi dihitung sejak dua reaktan mulai bercampur. Setelah mencapai waktu reaksi yang diinginkan tercapai, proses dihentikan dan segera mengeluarkan hasil reaksi.

## Pemungutan Hasil

Hasil reaksi dicuci dengan cara mencampurkan 75 ml akuades panas pada suhu 80°C, akan terbentuk 3 lapisan. Memisahkan lapisan gliserol, metanol, akuades (dilapisan bawah) dan metil ester, trigleserida (lapisan atas) yang terbentuk dengan corong pemisah selama waktu tertentu. Mencuci kembali lapisan atas hasil pemisahan pada langkah sebelumnya dengan menggunakan 100 ml akuades panas pada suhu 80°C. Memisahkan gliserol, metanol, akuades (dilapisan bawah) dan metil ester, trigleserida (lapisan atas) yang terbentuk dengan corong pemisah selama waktu tertentu. Hasil metil ester kemudian ditimbang dan dianalisis.

## 4. Hasil Penelitian

### Hasil Analisa Bahan Baku

Minyak biji kapuk yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dengan cara mengepres biji kapuk. Hasil analisa minyak biji kapuk adalah sebagai berikut: kadar air (1,6%), densitas minyak (0,9142 gram/ml), angka asam (9,3653 mg KOH/g minyak), angka Penyabunan (195,7842 mg KOH/g minyak)

Komposisi minyak biji kapuk, dianalisa menggunakan GC-MS, hasilnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Analisa GC-MS**

Nama dan Rumus Molekul	BM	Persentase %
As. Palmitat [CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH]	256	21,9
As. Linoleat [CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH]	280	35,91
As. Oktadeka-16enoat [CH <sub>3</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH]	282	26,00
As. Stearat [CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH]	282	3,41
Asam oleat [CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH]	284	1,68
Lain-lain		11,09
		100

Dari hasil analisa GC-MS tersebut pada Tabel 4, maka dapat diketahui: BM Asam Lemak rata-rata: 274,86; BM Minyak Biji Kapuk rata-rata: 862,58 dan % FFA: 4,5884%

### Hasil Transesterifikasi

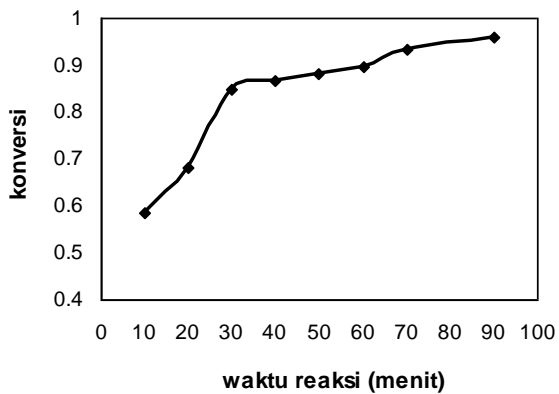
#### Pengaruh Waktu Reaksi

Hasil percobaan tentang pengaruh waktu reaksi terhadap konversi disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 3.

**Tabel 5. Pengaruh waktu reaksi terhadap konversi**

Volume minyak biji kapu: 100 ml, volume metanol: 22 ml, suhu reaksi: 60°C, KOH :1 gram, kecepatan pengadukan: 800 rpm.

Waktu Reaksi (menit)	Konversi
10	0.5556
20	0.6496
30	0.8086
40	0.8253
50	0.8399
60	0.8512
70	0.8874
90	0.9139



**Gambar 3. Hubungan Waktu Reaksi terhadap Konversi**

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa pembentukan biodiesel terjadi dengan cepat sampai waktu 30 menit. Setelah waktu 30 menit, konversi biodiesel yang dihasilkan cenderung mendekati konstan.

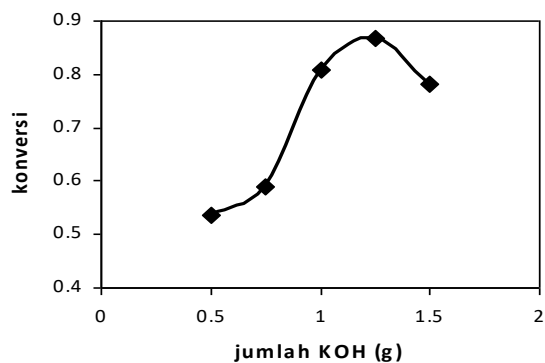
#### Pengaruh Jumlah katalis KOH

Hasil percobaan tentang pengaruh jumlah katalis KOH terhadap konversi disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 4.

**Tabel 6. Pengaruh penambahan jumlah KOH terhadap konversi**

Volume minyak biji kapuk: 100 ml, volume metanol: 22 ml, suhu reaksi: 60°C, waktu reaksi: 30 menit, kecepatan pengadukan: 800 rpm

Jumlah KOH (gram)	Konversi
0.5	0.5366
0.75	0.5895
1	0.8073
1.25	0.8661
1.5	0.7828



**Gambar 4. Hubungan penambahan katalis KOH terhadap konversi**

Dari

Dari Gambar 4, konversi biodiesel tertinggi dicapai pada konsentrasi KOH 1,25 % dari berat trigliserida. Semakin banyak jumlah KOH maka semakin besar konversi biodiesel yang dihasilkan, tetapi pada konsentrasi KOH 1,5% terjadi penurunan konversi biodiesel. Hal ini disebabkan reaksi samping yaitu pembentukan sabun. Apabila katalis yang digunakan berlebih akan terbentuk gel akibat terlalu banyaknya sabun yang terbentuk. Hal ini mengakibatkan gliserol, minyak dan metanol terjebak dalam emulsi dan kemudian akan menurunkan konversi biodiesel yang dihasilkan.

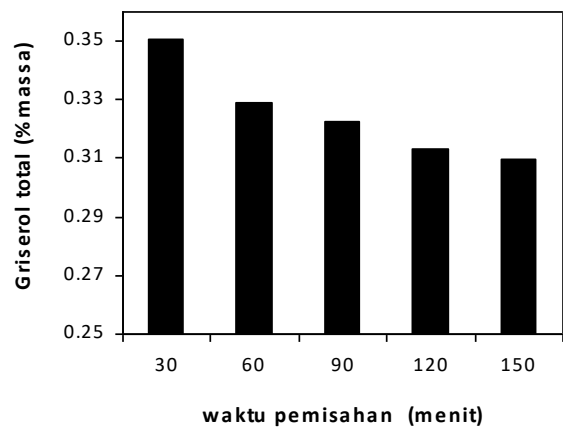
#### Proses Pemurnian Hasil

Pengaruh waktu pemisahan untuk pemurnian hasil disajikan pada Tabel 7, gambar 5 dan 6

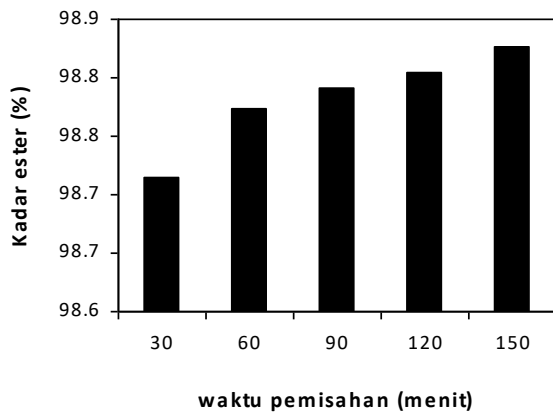
**Tabel 7. Pengaruh waktu pemisahan terhadap kadar gliserol total dan kadar ester**

Volume minyak biji kapuk:100 ml, volume metanol : 22 ml, KOH: 1,25 gram, suhu reaksi: 60°C, kecepatan pengadukan: 800 rpm

Waktu Pemisahan (menit)	Massa Biodiesel (gram)	Gliserol Total (%)	Kadar ester (%)
30	81.0992	0.3509	98.7147
60	81.1046	0.3289	98.77392
90	81.0575	0.3224	98.79142
120	81.0489	0.3134	98.80424
150	81.0498	0.3095	98.82614



**Gambar 5. Hubungan Waktu Pemisahan terhadap Kadar Gliserol Total**



**Gambar 6. Hubungan Waktu Pemisahan terhadap Kadar Ester**

Dari gambar 5, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemisahan, kadar gliserol total semakin kecil. Hal tersebut disebabkan karena semakin lama waktu pemisahan semakin banyak gliserol yang terikut keluar dari lapisan metil ester. Sementara itu dari Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa lama waktu pemisahan meningkatkan kadar ester.

#### Banyaknya pencucian

Pencucian biodiesel pada Tabel 7, dilakukan sebanyak 2 kali ternyata diperoleh kadar gliserol total yang masih tinggi. Sehingga tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Agar gliserol total memenuhi SNI, maka dilakukan pencucian sebanyak 3-4 kali pada waktu pemisahan 60 menit, hasilnya disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Pengaruh banyaknya pencucian terhadap kadar gliserol total**

Banyaknya Pencucian	Kadar Gliserol Total (%)
2 kali	0,3289
3 kali	0,2708
4 kali	0,1459

Pencucian berulang menurunkan kadar gliserol, karena lebih banyak gliserol yang terlarut dalam air.

#### Analisa Sifat Biodiesel

Dari percobaan yang telah dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pembuatan biodiesel pada kondisi optimum sebagai berikut: Volume Minyak: 300 ml, volume metanol: 64 ml, waktu reaksi: 30 menit, KOH: 3,75 gram, kecepatan pengadukan: 800 rpm, waktu pemisahan: 1 jam, pencucian: 4 kali.

Hasil biodiesel kemudian dianalisa untuk memperoleh parameter sesuai yang dipersyaratkan.

Perbandingan sifat biodiesel yang diperoleh dengan biodiesel standar SNI disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9. Perbandingan Sifat Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Biodiesel Standar Mutu Indonesia (SNI)**

No	Parameter	SNI	Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk
1.	Massa jenis pada 40°C (kg/m <sup>3</sup> )	850-890	889,02
2.	Viskositas kinematik pada 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	2,3-6,0	5,2731
3.	Angka setana	Min 51	55,22 *
4.	Titik nyala (°C)	Min 100	120
5.	Titik kabut (°C)	Max 18	9,5
7.	Angka asam (%-m)	Max 0,8	0,5234
8.	Gliserol bebas (%-m)	Max 0,02	0,05
9.	Gliserol total (%-m)	Max 0,24	0,1392
10.	Kadar ester alkil (%-m)	Min 96,5	99,3016
11.	Angka Iodium (%-m)	Max 115	90,0971
12.	Kadar Karbon (%-m)	Max 0,05	0,21

\*: angka setana bukan merupakan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1)

Dari data biodiesel tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa masa jenis pada 40°C, viskositas kinematik pada 40°C, angka setana, titik nyala, titik kabut, angka asam, gliserol total, kadar ester alkil, angka iodium memenuhi standar biodiesel SNI. Namun kadar karbon biodiesel yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI. Kadar karbon yang tinggi menyebabkan mesin berkerak sehingga menghambat operasi motor yang menyebabkan aus karena tenaga kurang maksimal. Sedangkan kadar gliserol bebas yang tinggi dapat membahayakan mesin diesel, terutama akibat adanya gugus OH yang secara kimiawi agresif terhadap logam bukan besi dan campuran krom serta akan terbentuk deposit pada ruang pembakaran.

#### 4.5 Kinetika Reaksi

Penentuan order reaksi transesterifikasi dilakukan berdasarkan persamaan (8), dengan mengalurkan grafik antara  $-\ln(1-X)$  versus waktu (t). Diperoleh persamaan garis lurus  $-\ln(1-X) = 0,0283t + 0,7311$  dengan pesentase kesalahan sebesar 8,82 %. Berdasarkan hal tersebut, maka reaksi transesterifikasi minyak biji kapuk dengan metanol dengan perbandingan mol minyak:metanol 1:6, mengikuti kinetika reaksi order satu semu

dengan harga konstanta kecepatan reaksi  $0,0283 \text{ menit}^{-1}$ .

## 5. Kesimpulan dan saran

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa dengan menggunakan rasio molar minyak biji kapuk : metanol = 1:6, waktu reaksi 30 menit dan suhu reaksi  $60^\circ\text{C}$ , jumlah katalis 1,25% berat/volum minyak biji kapuk dan kecepatan pengadukan 800 rpm didapat konversi biodiesel sebesar 86,20%. Diperoleh pula bahwa reaksi transesterifikasi mengikuti kinetika reaksi order satu semu dengan harga konstanta kecepatan reaksi  $0,0283 \text{ menit}^{-1}$  pada suhu reaksi  $60^\circ\text{C}$ .

Biodiesel yang dihasilkan memenuhi spesifikasi SNI kecuali kadar karbon dan gliserol bebas.

### Saran

Biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini, kadar residu karbon dan kadar gliserol bebas cukup tinggi, sehingga tidak memenuhi standar SNI. Disarankan kepada yang berminat untuk melakukan penelitian selanjutnya, agar dapat memperhatikan kondisi bahan baku minyak biji kapuk yang akan diproses dan suhu akuades pencucian.

Kemurnian bahan baku minyak biji kapuk yang digunakan memiliki pengaruh besar terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Senyawa pengotor yang terkandung dalam minyak biji kapuk diantaranya adalah *gum* (getah) yang sangat mempengaruhi kualitas biodiesel. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan proses *pretreatment* yaitu, proses pemisahan *gum* (*degumming*). Sedangkan suhu akuades pencucian dibuat lebih tinggi, karena semakin tinggi suhu pencucian maka kelarutan gliserol semakin tinggi.

### Ucapan terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan pada Program PHK A-2 Jurusan Teknik Kimia Tahun 2007 yang telah menyediakan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

### Daftar Notasi

M = minyak

A = metanol

G = gliserol

E = metil ester

$k_1$  = konstanta kecepatan reaksi ke kanan ( $\text{menit}^{-1}$ )

$k_2$  = konstanta kecepatan reaksi ke kiri ( $\text{menit}^{-1}$ )

$C_M$  = konsentrasi minyak (mol/l)

$C_A$  = konsentrasi metanol (mol/l)

$C_G$  = konsentrasi gliserol (mol/l)

$C_E$  = konsentrasi metil ester (mol/l)

$r_M$  = kecepatan reaksi (mol/l. menit)

X = konversi

### Daftar Pustaka

- Bailey, A.E., 1951, *Industrial Oil and Fats Product*, 3<sup>rd</sup> ed., p.215, Interscience Publisher Inc, New York
- Bamboye, A.I and Hansen, A.C, 2007, *Prediction of Cetane Number of Biodiesel Fuel from The Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Composition*, International Agrophysics
- BPPT, 2007, *Proses Pembuatan Biodiesel*, BPPT, Jakarta
- Erliza Hambali, dkk., 2007, *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Fessenden, R.J., and Fesenden, J.S., 1986, *Kimia Organik* Jilid 2, edisi 3, hal.483, Erlangga, Jakarta
- Freedman, B.E.H.P., dan TL Mounts, 1984, *Variable affecting the yield of fatty ester from transesterified vegetable oil*, JAOCS
- Griffin, R.C., 1955, *Thechnical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., p.p.107-110, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York
- Hilditch, T.P., 1949, *The Industrial Chemistry of The fats and waxes*, 3<sup>rd</sup> ed., Willem Clower and Sons, Ltd, London
- Levenspiel, O., *Chemical Reaction Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed, John Wiley & Sons, New York, 1972
- Ketaren, S., 1986, *Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta
- Ma, Fangrui, dkk., 1999, *Biodisel Production : Review*, Elsevier Science B.V
- Rama Prihandana, dkk., 2007, *Menghasilkan Biodiesel Murah*, Agro Media Pustaka, Jakarta
- Soerawidjaja, H.T., 2005, *Membangun Industrial Biodiesel Indonesia*, Seminar Nasional Teknik Kimia, ITB, Bandung
- Sudarmaji dkk., 1997, *Prosedur analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Yogyakarta
- Susiantini Endang, 2005, *Uji Kualitas dan Spesifikasi Biodiesel*, BATAN, Yogyakarta.



