

Efektifitas Katalis Abu Tandan Sawit Pada Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar

ABSTRAK

Oleh:

Nirwana*, Irdoni HS**, Drik F. Z***
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau,
Kampus Bina Widya KM 12,5 Panam Pekanbaru

Email: Nirwana.hamzah@yahoo.com*, Hs.irdoni@gmail.com**, drikfransiscozachawerus@yahoo.com***

*Telah dilakukan penelitian mengenai efektifitas katalis abu tandan sawit pada transesterifikasi minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas Linneaus*). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi katalis pada transesterifikasi minyak jarak pagar menggunakan katalis abu tandan sawit dipijarkan pada temperatur 600°C, dengan menggunakan kecepatan pengadukan 150 rpm pada suhu 60°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi karakteristik biodiesel SNI 04-7182-2006. Komposisi katalis yang terbaik yakni 10% dengan konversi tertinggi 83,2% dan memenuhi seluruh karakteristik biodiesel yaitu densitas 868,67 kg/m³ (ASTM D 1298), viskositas 5,11 mm²/s (ASTM D 445), kadar air 0,064%vol (ASTM D 2709), angka asam 0,81 mg KOH/g minyak (ASTM D 664) dan angka setana 59 (ASTM D 613).*

Kata Kunci ; biodiesel, komposisi katalis, minyak jarak pagar, transesterifikasi

Pendahuluan

Aktivitas sehari-hari banyak memerlukan bahan bakar, seperti dari keperluan rumah tangga, transportasi, mesin pabrik, mesin-mesin traktor, hingga ke pembangkit listrik, menyandarkannya kepada bahan bakar minyak tersebut. Pemborosan cadangan sumber daya alam itu terus berjalan berpuluh-puluh tahun lalu. Banyak orang tidak pernah berpikir bahwa suatu ketika, cadangan bahan bakar minyak (seperti minyak diesel) akan terkuras habis, hingga akan menjadi langka dan mahal. Jika saat itu tiba dan tidak ada bahan bakar alternatif yang tersedia, maka pemenuhan kebutuhan bahan bakar tersebut dengan sendirinya harus ditempuh lewat impor. Jika kebutuhan bahan bakar terus meningkat dengan pesat dari tahun ke tahun, maka impor bahan bakar juga cenderung akan meningkat.

Meningkatnya konsumsi BBM di dalam negeri akan menimbulkan masalah lain berupa meningkatnya subsidi pemerintah terhadap BBM serta makin berkurangnya jumlah minyak bumi sebagai andalan komoditi ekspor untuk menghasilkan devisa, karena harus diolah lebih banyak untuk memenuhi kebutuhan BBM di dalam negeri. Karena itu, harus segera dicari usaha untuk menutupi kekurangan pasokan pada masa mendatang.

Sumber yang dinilai layak sebagai bahan bakar diesel alternatif yaitu bahan yang berasal dari tanaman (seperti minyak nabati) karena bersifat terbarukan. Pemakaian minyak nabati sebagai bahan bakar diesel bukanlah merupakan suatu hal yang baru. Dr. Rudolph Diesel yang menciptakan motor diesel telah menggunakan minyak kacang tanah sebagai bahan bakar untuk menjalankan mesinnya pada suatu pameran yang diadakan pada tahun 1900 di Paris.

Pembuatan bahan bakar minyak diesel dari minyak nabati dilakukan melalui konversi trigliserida-trigliserida yang merupakan komponen utama minyak nabati itu menjadi metil ester asam-asam lemak. Pengkonversian ini terbukti dapat dilakukan dengan bantuan berbagai katalis dalam skala laboratorium maupun percontohan.

Negara Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang luar biasa. Salah satunya adalah jarak pagar (*Jatropha curcas Linneaus*), berasal dari daerah tropis Amerika Tengah, telah lama dikenal masyarakat Indonesia sejak zaman penjajahan Jepang. Tanaman jarak pagar banyak dijumpai sebagai pagar pekarangan, juga digunakan sebagai obat serta penghasil minyak lampu. Biji tanaman jarak pagar mengandung persentase minyak yang

besar, sehingga mulai dilirik orang untuk digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif dimasa yang akan datang, dan tanaman jarak pagar memiliki potensi yang mudah tumbuh pada lahan kritis serta dapat dikembangkan sebagai bahan penghasil bahan bakar minyak alternatif (biodiesel), tentunya tanaman ini akan memberikan harapan baru pada pengembangan agribisnis.

Pembuatan metil ester asam-asam lemak dari minyak jarak telah dapat dibuat baik dengan skala laboratorium maupun percontohan. Pada tingkat harga BBM sekarang, pembuatan bahan bakar minyak diesel dari minyak nabati dinilai belum ekonomis akibatnya biaya produksi relatif masih mahal. Karena itu, teknologi pembuatan biodiesel perlu ditingkatkan guna menutupi kekurangan BBM pada masa mendatang. Salah satu usaha yang dapat ditempuh untuk menekan biaya produksi tersebut adalah dengan menggunakan katalis yang berharga murah. Katalis yang umum digunakan pada transesterifikasi trigliserida yaitu natrium hidroksida. Namun, katalis tersebut harganya relatif mahal. Katalis yang memungkinkan berharga murah adalah abu yang berasal dari pembakaran limbah padat pabrik kelapa sawit, misalnya tandan kosong sawit. Graille dkk. (1985) telah membuktikan bahwa abu tandan sawit dapat dipakai sebagai katalis pada proses transesterifikasi minyak nabati. Katalis abu yang berasal dari pembakaran tandan kosong sawit mengandung banyak K_2CO_3 .

TINJAUAN PUSTAKA

Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linneaus*)

Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linneaus*) berasal dari daerah tropis Amerika Tengah. Tanaman ini telah lama dikenal masyarakat Indonesia terutama sejak jaman penjajahan Jepang. Tanaman Jarak banyak dijumpai sebagai pagar pekarangan, juga digunakan sebagai obat serta penghasil minyak lampu. Biji tanaman jarak mengandung persentase minyak yang besar, sehingga mulai dilirik orang untuk digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif dimasa yang akan datang. Dengan memperhatikan potensi tanaman jarak yang mudah tumbuh pada lahan kritis serta dapat dikembangkan sebagai bahan penghasil bahan bakar minyak alternatif (biodiesel), tentunya tanaman ini akan memberikan harapan baru pada pengembangan agribisnis. Selain untuk menunjang usaha konservasi lahan, tanaman jarak akan memberikan solusi pada pengadaan biodiesel

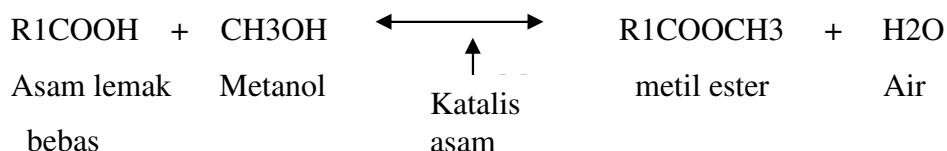
sekaligus akan membuka kesempatan bagi penambahan lowongan pekerjaan dan pendapatan petani [Sopian, 2005].

Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel jatropha memiliki kandungan bahan bakar dan penampilan yang sangat mirip dengan bahan bakar diesel (fuel). Angka setana biodiesel berbasis minyak jarak relatif lebih tinggi dibandingkan petrodiesel. Oleh karena itu, biodiesel jatropha dapat dimanfaatkan untuk berbagai jenis mesin diesel secara langsung tanpa perlu dimodifikasi lagi. Selain itu biodiesel jatropha mampu mengurangi polusi udara sebab bebas kandungan bahan pencemar seperti; karbon monoksida, hidrokarbon dan racun udara [Soeradja, 2003].

Proses Esterifikasi-Transesterifikasi

Teknologi proses produksi biodiesel yang berkembang saat ini dapat dikelompokkan menjadi proses satu tahap (transesterifikasi) dan proses dua tahap (esterifikasi-transesterifikasi). Reaksi satu tahap (transesterifikasi) dipakai apabila minyak nabati memiliki nilai FFA di bawah 1%, sedangkan minyak yang memiliki nilai FFA diatas 1%, seperti minyak jarak pagar, sebaiknya menggunakan proses dua tahap (esterifikasi-transesterifikasi). Transesterifikasi hanya bekerja dengan baik terhadap minyak yang mempunyai kualitas tinggi. Minyak yang mengandung asam lemak bebas lebih dari 1% akan membentuk sabun yang menyulitkan pada saat pemisahan biodiesel.

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol sehingga membentuk ester dan melepaskan molekul air (Indartono, 2006). Reaksi esterifikasi dapat terjadi dengan bantuan katalis asam, seperti H₂SO₄ atau HCL. Proses yang terjadi dalam reaksi esterifikasi dapat dilihat dibawah ini:



Tahapan proses untuk memperoleh biodiesel setelah esterifikasi adalah transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan dalam penggantian gugus alkil dari ester (minyak jarak pagar) dengan alkil lain (CH₃OH) dalam

suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Untuk mendorong reaksi agar bergerak ke kanan supaya dihasilkan metil ester (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah berlebih (Hambali, dkk, 2006).

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi metanolisis dalam pembuatan biodiesel antara lain : rasio molar trigliserida-metanol, jenis katalis, kecepatan pengadukan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air, kandungan asam lemak bebas bahan baku yang dapat menghambat reaksi, kandungan gliserol, dan kandungan sabun .

Berbagai riset mengenai proses pembuatan biodiesel telah banyak dilakukan. Yoeswono dkk menyimpulkan bahwa pada metanolisis minyak sawit dengan katalis abu tandan kosong sawit sebesar 15 g per 75 ml metanol, penambahan rasio mol metanol terhadap minyak akan meningkatkan konversi biodiesel. Besarnya konversi yang didapatkan dari hasil riset Yoeswono dkk adalah sebagai berikut : rasio mol 3 : 1 = 66,8%; 6:1 = 70,36%; 9:1 = 84,12%; dan 12:1 = 75,58%. Terlihat bahwa reaksi dengan rasio mol metanol-minyak 9 : 1 merupakan kondisi optimum dengan konversi tertinggi.

Zahrina juga telah melakukan serangkaian riset tentang pembuatan biodiesel berbasis stearin. Untuk menentukan waktu reaksi metanolisis yang optimum, dilakukan reaksi selama 3 jam dan perolehan metil ester asam-asam lemak dianalisa tiap selang waktu 30 menit. Metanolisis dilakukan pada suhu 65°C, rasio berat stearin-metanol 4,15 : 1. Katalis abu pijar 600°C digunakan sebesar 10 % berat. Berdasarkan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa perolehan metil ester asam lemak terbesar (84%) diperoleh pada waktu metanolisis selama 2 jam. Selanjutnya Zahrina melakukan metanolisis stearin menggunakan katalis abu tandan sawit dengan suhu pijar yang berbeda-beda. Hasil riset yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1. Metanolisis menggunakan katalis abu pijar 600°C memiliki perolehan metil ester asam lemak tertinggi, diikuti oleh katalis abu pijar 800, 900, dan 1000°C. Sabun yang terbentuk akibat reaksi antara stearin dan alkali dengan katalis abu pijar 600°C lebih sedikit dibanding katalis abu lainnya. Pembentukan sabun cenderung meningkat dengan makin tingginya suhu pemijaran.

Tabel. 1 Perolehan Metil Ester Asam Lemak dan Sabun Menggunakan berbagai Katalis Abu Tandan Sawit.

Katalis	Perolehan (%)	
	Metil Ester Asam Lemak	Sabun
Abu pijar 600°C	84,14	1,61
Abu pijar 800°C	78,52	2,79
Abu pijar 900°C	72,87	2,11
Abu pijar 1000°C	72,65	3,82

(Sumber : Zahrina, 2000)

2. Katalis Abu Tandan Kosong Sawit

Tabel 2 Komposisi Katalis Abu Tandan Sawit (%)

Katalis	Unsur / Senyawa					
	Ca	Mg	K	Na	CO ₃	SiO ₂
Abu pijar 600°C	1,57	2,57	21,16	0,030	8,27	20,2
Abu pijar 800°C	1,85	3,15	17,85	0,047	6,09	-
Abu pijar 900°C	2,31	3,31	17,40	0,011	5,55	-
Abu pijar 1000°C	1,89	3,48	15,14	0,048	3,44	-

(Sumber : Zahrina, 2000)

METODE PENELITIAN

Persiapan Sampel

Dalam penelitian ini sampel bahan baku minyak yang diambil berupa biji jarak pagar yang sudah layak panen. Sampel berupa biji jarak pagar siap panen diperoleh dari perkebunan jarak pagar PTPN V Pekanbaru. Karakteristik dari biji jarak pagar yang layak panen yaitu biji berwarna hitam yang berasal dari buah jarak yang berwarna kuning. Selanjutnya daging biji dipisahkan dari kulit biji. Daging biji di ekstraksi menggunakan pelarut untuk memperoleh minyak jarak pagar.

Persiapan Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis yang berasal dari abu tandan kosong sawit yang telah dipijarkan. Abu tandan kosong sawit diperoleh dari PTPN V Sungai Pagar.

Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar

Tahapan proses pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut :

- Ke dalam labu leher tiga dimasukkan minyak biji jarak pagar sebanyak 250 ml.
- Pada bejana yang lain (labu pisah) dimasukkan katalis abu tandan sawit (yang sebelumnya dipijarkan dengan suhu 600oC selama 10 jam) yang divariasikan (5 %, 10%, 15 % dan 20%) ditambahkan dengan metanol (metanol : minyak = 6 : 1).
- Minyak biji jarak pagar dicampur dengan katalis-metanol kedalam labu leher tiga, kemudian dipanaskan pada suhu 60oC dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.
- Metil ester (biodiesel) yang diperoleh dapat dipisahkan dari gliserol yang terbentuk setelah didiamkan selama 24 jam dengan cara memasukkan semua campuran ke dalam corong pisah.
- Biodiesel kasar yang sudah dipisahkan ditambah dengan HCl 4N dan dicuci dengan NaCl 5%, kemudian dilakukan proses dekantasi.
- Biodiesel yang terbentuk dikeringkan dengan CaCl₂.

Hasil Dan Pembahasan

Pada Tabel 3 disajikan yield produk biodiesel hasil penelitian dengan katalis abu tandan sawit dan katalis standar K₂CO₃ komersial. Katalis abu tandan sawit ternyata dapat dengan baik digunakan sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak jarak pagar. Hal ini dapat dilihat dari perolehan yield biodiesel yang relatif tinggi. Yield tertinggi didapatkan pada pembuatan biodiesel dengan komposisi katalis 10 % (83,2 %). Pada komposisi katalis 5% diperoleh yield biodiesel sebesar 75,3 %. Pada komposisi katalis 15% dan 20 % yield menurun menjadi 80% dan 78,7 %. Indikasi yang sama juga ditunjukkan pada katalis standar. Yield tertinggi (84,8%) diperoleh pada 10 % K₂CO₃. Pada komposisi 5% katalis diperoleh yield sebesar 79,1% dan pada komposisi 15% dan 20% katalis diperoleh yield sebesar 82,2 % dan 80,1 %.

Dilihat dari perolehan yield, hasil reaksi dengan katalis abu tandan sawit memang memberikan yield yang lebih kecil dibandingkan produk reaksi dengan katalis K_2CO_3 komersial. Hal ini dapat terjadi karena pada katalis abu tandan sawit juga terdapat komponen lain selain senyawa K_2CO_3 yaitu kalium silikat, kalium klorida, magnesium silikat, dan natrium silikat.

Tabel 3. Yield produk biodiesel jatropha dengan katalis abu tandan sawit dan katalis standar K_2CO_3 komersial.

Komposisi Katalis	Yield Produk (%)	
	Katalis Abu Sawit	Katalis K_2CO_3
5 %	75,3	79,1
10 %	83,2	84,8
15 %	80	82,2
20 %	78,7	80,1

Tabel 4. Analisa produk biodiesel hasil penelitian dengan bahan baku minyak Jarak pagar dan katalis abu tandan sawit.

Parameter Analisa	Katalis AbuTandan Sawit			
	5 %	10%	15%	20%
Densitas, kg/m^3	869	868,67	869,4	871
Viskositas, mm^2/s	5,06	5,11	5,28	5.39
Kadar air, % volum	0,055	0,064	0,029	0,014
Bilangan asam, mg-KOH/g	0,84	0,81	0,79	0,67
Angka Setana	59	59	59	59

Tabel 5. Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006 untuk Biodiesel.

No	Parameter	Unit	Value	Method
1	Density	Kg/m ³	850-890	ASTM D1298
2	Viscosity	mm ² /s	2,3-6	ASTM D445
3	Cetane number		Min 51	ASTM D613
4	Water content	%volum	Max 0,05	ASTM D2709
5	Acid number	mg-KOH/g	Max 0,8	ASTM D664

(Sumber : Supranto, 2006)

Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar

1. Densitas

Parameter seperti densitas minyak atau metil ester (biodiesel) dipengaruhi panjang rantai asam lemak, ketidakjenuhan, dan temperatur lingkungan (Formo, 1979). Seperti halnya viskositas, semakin panjang rantai asam lemak, maka densitas akan semakin meningkat. Ketidakjenuhan juga mempengaruhi densitas, dimana semakin banyak jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam produk akan terjadi penurunan densitas. Biodiesel harus stabil pada suhu rendah. Semakin rendah suhu, maka densitas biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya.

2. Viskositas

Viskositas yang tinggi adalah kelemahan pokok minyak nabati karena nilainya jauh lebih besar dari viskositas solar sehingga akan menyulitkan pemompaan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar mesin. Viskositas asam lemak lebih tinggi daripada metil esternya karena adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam. Viskositas metil ester tidak jenuh akan menurun dengan adanya ketidakjenuhan, tetapi ikatan rangkap berturut-turut tidak terlalu berpengaruh terhadap fluiditas daripada ikatan rangkap tunggal dalam rantai asam lemak (Formo, 1979).

Viskositas biodiesel dipengaruhi oleh panjang rantai dan komposisi asam lemak, posisi, dan jumlah ikatan rangkap (derajat ketidakjenuhan) dalam biodiesel serta jenis alkohol yang digunakan untuk proses transesterifikasi.

3. Kadar Air

Kadar air biodiesel mempengaruhi penyimpanan biodiesel dan juga proses pencampuran dengan solar karena sifatnya yang hidroskopis. Kadar air biodiesel yang tinggi dapat menyebabkan mikroba mudah tumbuh dan mengotori biodiesel, korosi pada mesin, dan pada suhu rendah menyebabkan pemisahan terhadap biodiesel murni.

4. Bilangan Asam dan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)

Bilangan asam dan kadar ALB menggambarkan jumlah asam lemak bebas dari sampel dalam basis yang berbeda. Bilangan asam adalah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan grup karboksil bebas dari satu gram sampel. Kadar ALB merupakan kandungan asam oleat yang terdapat pada sampel yang dinyatakan dalam persen (Sonntag, 1982). Asam lemak bebas pada minyak maupun metil ester akan meningkat dengan adanya proses hidrolisis yang dikatalisa asam, terutama produk yang memiliki kadar air yang tinggi.

5. Bilangan Setana

Angka setana adalah kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan cepat setelah diinjeksi. Semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitas pembakaran bahan bakar tersebut. Angka setana adalah salah satu parameter penting yang menentukan apakah suatu metil ester asam lemak dapat digunakan sebagai biodiesel atau tidak.

Biodiesel dari katalis abu tandan sawit pada kecepatan pengadukan 150 rpm yang diuji ke Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC)-IPB dengan menggunakan metode ASTM D 613 dan diperoleh bilangan setana sebesar 59 efektif digunakan pada transesterifikasi minyak jarak pagar .

Komposisi katalis abu tandan sawit 10 % dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, pembentukan gliserol dengan metil ester lebih cepat dan perolehan metil ester maksimal (banyak) dibandingkan dengan penggunaan komposisi katalis abu tandan sawit lainnya. Hal ini disebabkan secara keseluruhan reaksi bergerak ke kanan atau terkonversi secara sempurna.

Kesimpulan

1. Perolehan metil ester dari minyak jarak pagar menggunakan katalis abu tandan sawit yang dipijarkan pada temperatur 600°C dengan variasi komposisi 5%, 10%, 15% dan 20% berturut-turut adalah 75,3 %; 83,2%; 80% dan 78,7%.
2. Komposisi katalis abu tandan sawit 10 % dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, pembentukan gliserol dengan metil ester lebih cepat dan perolehan metil ester maksimal (banyak) dibandingkan dengan penggunaan komposisi katalis abu tandan sawit lainnya. Hal ini disebabkan secara keseluruhan reaksi bergerak ke kanan atau terkonversi secara sempurna.
3. Biodiesel dari katalis abu tandan sawit pada kecepatan pengadukan 150 rpm yang diuji ke Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC)-IPB dengan menggunakan metode ASTM D 613 dan diperoleh bilangan setana sebesar 59 efektif digunakan pada transesterifikasi minyak jarak pagar .

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Rektor Universitas Riau, Ketua Lembaga Penelitian Universitas Riau beserta staf, Dekan Fakultas Teknik Universitas Riau beserta staf, Semua pihak yang telah membantu, baik langsung ataupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Graille,J.,P.Lozano, D.Pioch dan P. Geneste, *Essais d'alcoolyse d'huileless*

vegetales avec des Catalyseurs Naturels Pour la Production de Carburants Diesel,
1985

Hambali, E., Suryani, Dadang, Hariyadi, H. Hanafie, I. K. Reksowardojo, M. Rivai, M. Ihsanur, P. Suryadarma, S. Tjitrosemito, T. H. Soerawadjaja, T. Prawitasari, T. Prakoso dan W. Purnama, 2006. "*Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*". Penebar Swadaya, Jakarta.

Irdoni, H. S., dan Nirwana, H. Z., 2008, *Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas Linneaus) dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan Sawit*, Laporan Penelitian UNRI 2008

- Irdoni, H. S., dan Nirwana, H. Z. 2007. *Modul Kimia Organik*. Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Indartono, Y.S., 2006. Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi, hingga Performansi Mesin (1), www.beritaiptek.com, 14 Mei 2007 (14.00 WIB).
- Indartono, Y.S., 2006. Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi, hingga Performansi Mesin (2), www.beritaiptek.com, 14 Mei 2007(14.00 WIB).
- Priyanto, U., 2007. "Menghasilkan Biodiesel Jarak Pagar Berkualitas". PT. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC) LPPM-IPB, 2007. *Modul Pelatihan Pembuatan Biodiesel*. Kampus IPB Baranangsiang, Bogor.
- Soeradajaja, T.H., 2003. *Energi Alternatif-biodiesel (Bagian I)*,
<http://www.kimia.lipi.go.id/index.php?pilihan=berita&id=13>, 25 juli 2007
(11.00 WIB)
- Soeradajaja, T.H., 2003. *Energi Alternatif-biodiesel (Bagian II)*,
<http://www.kimia.lipi.go.id/index.php?pilihan=berita&id=13>, 25 juli 2007
(11.00 WIB)
- Sonntag, N. O. V., 1982. *Fat Splitting, Esterification, and Interesterification*. Di dalam *Baileys, Industrial Oil and Fat Products Vol. II, 4th Ed*. John Wiley and Sons, New York.
- Standar Nasional Indonesia 01-3555-1998. 1998. *Cara Uji Minyak dan Lemak*. Badan Standarisasi Nasional.
- Yoeswono, dkk., 2006. *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Katalis Basa pada Reaksi Transesterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zahrina, I., 2000. *Studi Evaluasi Efektivitas Katalis Abu Tandan Sawit pada Metanolisis Stearin*. Tesis Magister ITB, Bandung.