



Penggunaan Ultrasonik untuk Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas

Muhammad Dani Supardan

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf 7 Darussalam Banda Aceh 23111
E-mail : m.dani.supardan@che.unsyiah.ac.id

Abstract

In this work, the ultrasound-assisted transesterification of used frying oil (UFO) was studied. A two-step pretreatment of degumming and esterification was conducted to prepare UFO as raw material for transesterification. The esterification and transesterification was performed by using ethanol as solvent in the presence of ultrasonic irradiations operating at frequency of 40 kHz. The esterification was carried out with oil to ethanol ratio of 1:10, temperature of 60°C and reaction time of 4 hours in the presence of 1 wt.% H_2SO_4 as an acid catalyst. Meanwhile, the transesterification reaction was carried out with oil to ethanol molar ratio of 1:8, 1:10, 1:12, 1:15; KOH catalyst concentration of 0.5, 0.75, 1, 1.25 and 1.5 wt.%; and reaction temperature of 40, 50 and 60°C. The highest biodiesel yield of 65% obtained at ultrasound-assisted transesterification condition of oil to ethanol molar ratio of 1:12, reaction temperature of 50°C and KOH concentration of 1 wt.%. The results of analysis of some parameters of the product showed biodiesel has fulfilled the specifications according to the Indonesian National Standard (SNI) 04-7182-2006 number.

Keywords: Biodiesel, Esterification, Used frying oil, Transesterification, Ultrasonic

1. Pendahuluan

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan bakar diesel berbasis petroleum diantaranya: menghasilkan lebih sedikit asap dan partikulat, mempunyai angka setana yang lebih tinggi, menghasilkan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lainnya lebih sedikit, dapat diperbaharui, *biodegradable* dan tidak beracun (Agarwal dan Das, 2001). Kelebihan-kelebihan ini telah menjadikan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif masa depan.

Saat ini ketersediaan biodiesel masih relatif kecil dan yang tersedia adalah biodiesel yang diperoleh dari pengolahan turunan minyak sawit. Hal ini dikhawatirkan dapat mengganggu pasokan minyak sawit mentah (CPO) untuk industri minyak goreng domestik dan ekspor CPO. Oleh karena itu, perlu dicari bahan baku biodiesel alternatif yang murah dan pemakaiannya tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia.

Bahan baku alternatif biodiesel yang menarik untuk dikembangkan adalah minyak goreng bekas. Penggunaan minyak goreng bekas sebagai bahan baku biodiesel akan memberikan beberapa keuntungan, diantaranya: (i) dihasilkan bahan bakar murah dan ramah lingkungan; (ii) mencegah terjadinya polusi lingkungan (air dan tanah) dengan tidak adanya pembuangan minyak goreng

bekas ke sembarang tempat; serta (iii) mengurangi bahan karsinogenik yang beredar di masyarakat. Mengingat kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*, FFA) yang terkandung dalam minyak goreng bekas cukup tinggi maka perlu dikaji proses produksi yang sesuai untuk dikonversi menjadi biodiesel.

Permasalahan utama dalam proses produksi biodiesel adalah alkohol dan minyak sebagai bahan baku utama, bersifat tidak saling bercampur (*immiscible*). Pengadukan merupakan teknik yang biasa dipakai agar alkohol dan minyak bisa saling bercampur sehingga reaksi pembentukan biodiesel dapat berjalan maksimal, namun, pengadukan membutuhkan energi yang relatif besar.

Beberapa peneliti melaporkan telah berhasil menggunakan energi ultrasonik untuk produksi biodiesel, dengan konsumsi energi yang lebih kecil bila dibandingkan proses menggunakan pengadukan mekanik (Colucci dkk., 2005; Siatis dkk., 2006; Stavarache dkk., 2006, 2007). Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, penggunaan gelombang ultrasonik terbukti dapat mempercepat reaksi, mengurangi jumlah katalis yang dipakai dan mengurangi rasio minyak terhadap alkohol yang dipakai dibandingkan reaksi tanpa menggunakan bantuan gelombang ultrasonik. Hal ini disebabkan gelombang ultasonik dapat meningkatkan perubahan kimia dan fisis

suatu media melalui pembentukan dan pemecahan gelembung-gelembung kavitasi yang terjadi secara simultan dan terus menerus. Sementara itu, untuk mengkonversi minyak dengan kandungan FFA yang tinggi ($>1\%$) seperti minyak goreng bekas, penggunaan katalis asam dapat menjadi alternatif (Crabbe dkk., 2001). Tetapi reaksi ini berjalan sangat lambat dibandingkan dengan penggunaan katalis basa. Proses alternatif adalah dengan melakukan 2 (dua) tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Proses produksi biodiesel dua tahap ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Ramadhas dkk. (2005), Ghadge dan Raheman (2005), Berchman dan Hirata (2007) yang masing-masing menggunakan minyak biji karet mentah, *mahua oil* dan minyak jarak pagar sebagai bahan baku. Esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kandungan FFA menjadi kurang dari 1% sehingga minyak yang dihasilkan siap ditransesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel.

Dalam penelitian ini akan dipelajari penggunaan ultrasonik untuk transesterifikasi minyak goreng bekas. Variabel-variabel proses yang akan dipelajari adalah rasio mol minyak terhadap etanol, jumlah katalis dan temperatur transesterifikasi.

2. Metodologi

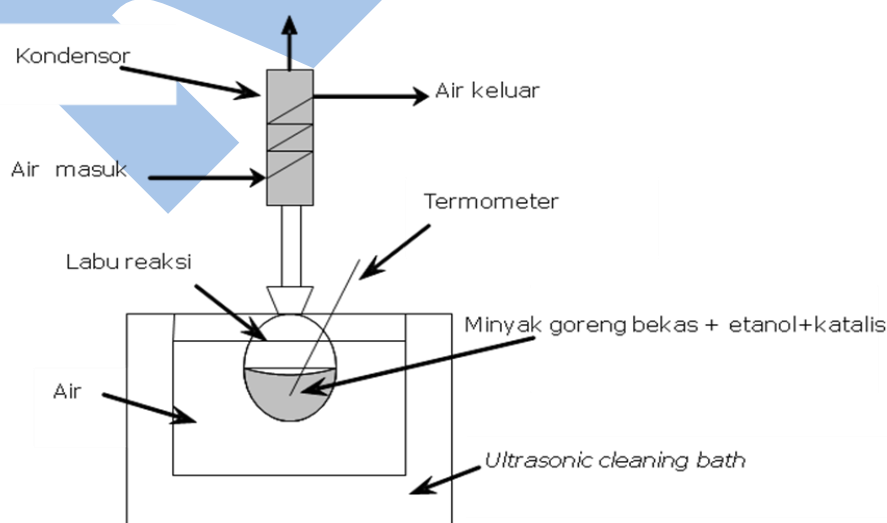
Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak goreng bekas yang diperoleh dari beberapa rumah makan di sekitar kota Banda Aceh.

Hasil analisis nilai bilangan asam yang diperoleh pada bahan baku penelitian adalah 12,34 mL KOH/g ($\approx 5,8\%$ asam lemak bebas) sehingga proses esterifikasi terlebih dahulu dilakukan agar asam lemak bebas yang ada dalam minyak tersebut tidak mengganggu proses transesterifikasi. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

2.1 Degumming

Degumming adalah proses penghilangan senyawa pengotor dari dalam minyak goreng bekas. Pada proses ini dilakukan penambahan asam fosfat (H_3PO_4) 0,6% sebanyak 2% dari volume minyak yang digunakan. Campuran kemudian diaduk menggunakan motor pengaduk dengan kecepatan 430 rpm selama 30 menit dan kemudian diendapkan. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka minyak tersebut dilakukan sentrifugasi kembali selama 20 menit dengan kecepatan 500 rpm (Prihandana dkk., 2006).

Proses *degumming* dengan menggunakan asam fosfat akan meningkatkan bilangan asam minyak goreng bekas dari 12,34 mL KOH/g menjadi 16,83 mL KOH/g. Meningkatnya nilai bilangan asam pada proses *degumming* menggunakan asam fosfat dikarenakan asam fosfat yang digunakan adalah asam fosfat dengan konsentrasi 0,6 %. Kecilnya konsentrasi asam fosfat ini mengakibatkan air yang terkandung dalam larutan asam fosfat lebih besar dibandingkan dengan jumlah asam fosfat itu sendiri.



Gambar 1. Skema peralatan proses menggunakan ultrasonik

Setelah itu, lapisan bawah (minyak) dikeluarkan dari corong pemisah dan akan digunakan lebih lanjut sebagai bahan baku untuk reaksi transesterifikasi. Kondisi operasi proses esterifikasi adalah rasio mol minyak terhadap etanol 1:10 dan temperatur reaksi 60°C selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan reaksi transesterifikasi ini dapat menurunkan bilangan asam dari 12,34 mL KOH/g menjadi 1,12 mL KOH/g.

2.2 Reaksi Transesterifikasi

Tahap utama proses pembuatan biodiesel adalah proses transesterifikasi antara minyak goreng bekas dan etanol untuk membentuk biodiesel (Fatty Acid Metil Ester, FAME). Dalam penelitian ini, rasio mol minyak terhadap etanol yang digunakan adalah 1:8, 1:10, 1:12 dan 1:15, dengan variasi jumlah katalis KOH adalah 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 % (b/b) dari minyak yang digunakan.

Pertama sekali, etanol dan KOH diaduk selama ± 15 menit agar homogen. Selanjutnya, larutan ini dimasukkan ke dalam reaktor ultrasonik (seperti yang digunakan pada reaksi esterifikasi) yang telah berisi minyak yang sudah dipanaskan. Selama proses transesterifikasi, temperatur dijaga pada suhu sesuai variabel penelitian dengan menggunakan *water bath*.

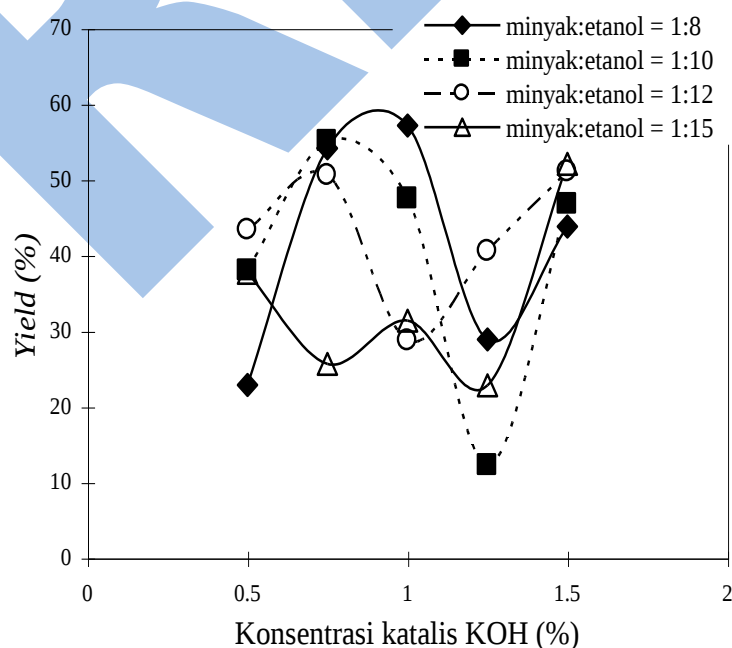
Selanjutnya dilakukan proses pemisahan untuk mendapatkan biodiesel pada lapisan atas serta etanol dan gliserol pada lapisan

bawah. Biodiesel yang diperoleh kemudian dicuci menggunakan air. Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan alkohol dan katalis yang tidak bereaksi dan sabun yang tertinggal dalam biodiesel setelah reaksi. Perbandingan jumlah air yang dibutuhkan untuk pencucian biodiesel adalah 1:1. Pencucian dihentikan bila air cucian sudah jernih.

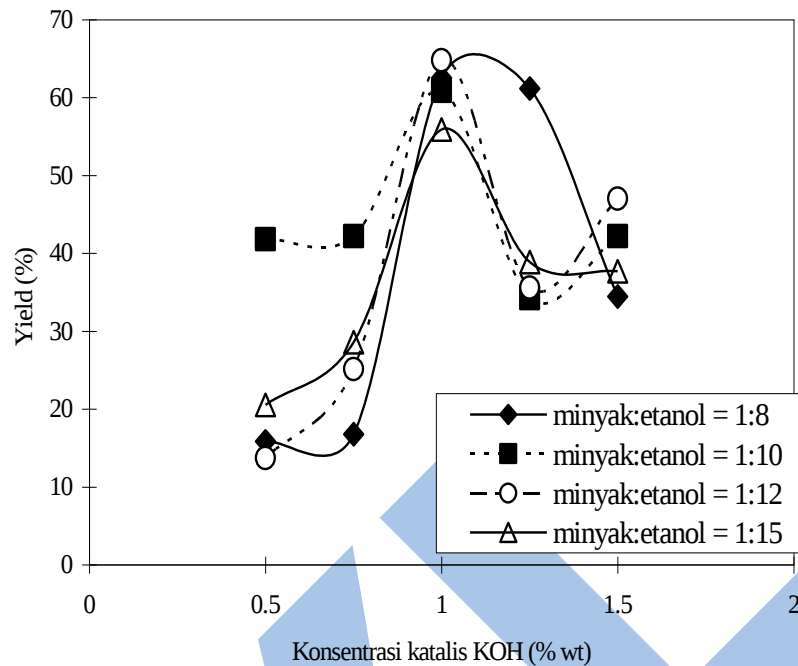
Tahap akhir proses adalah proses pemanasan biodiesel. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa air yang berada di dalam biodiesel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan pemanas listrik. Suhu yang digunakan dalam pemanasan biodiesel adalah 110°C.

3. Hasil dan Pembahasan

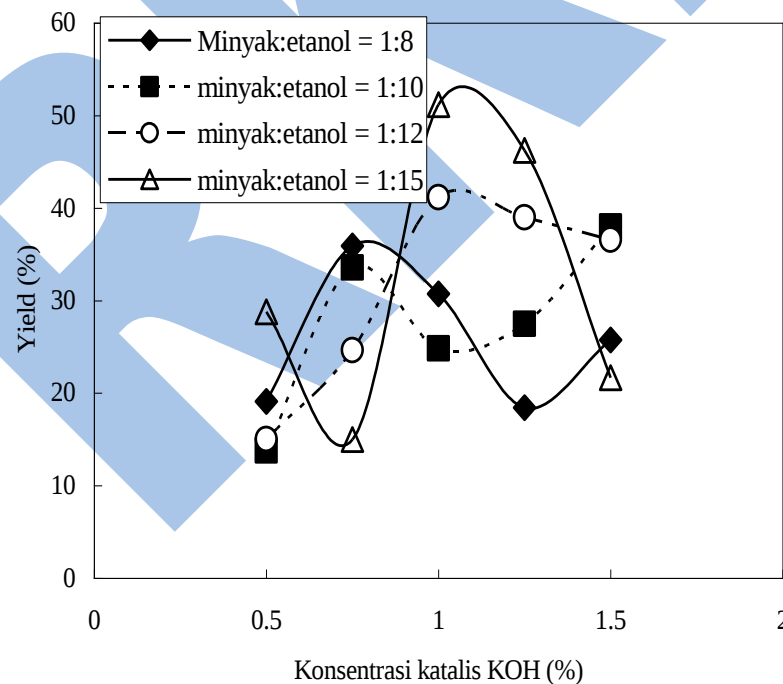
Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik sehingga diperlukan pengaturan berbagai parameter reaksi agar kesetimbangan dapat bergeser ke arah kanan (untuk memperbesar *yield*). Parameter reaksi tersebut diantaranya adalah rasio mol etanol terhadap minyak, jumlah katalis dan temperatur reaksi. *Yield* biodiesel dari minyak goreng bekas yang dihasilkan berkisar antara 10% – 65%. Rendahnya *yield* biodiesel yang dihasilkan dapat disebabkan rendahnya daya reaktif etanol dibandingkan dengan metanol. Pelarut metanol lebih reaktif karena metanol mempunyai rantai karbon yang lebih pendek dibandingkan etanol.



Gambar 2. Grafik hubungan yield dengan konsentrasi katalis KOH pada berbagai rasio mol minyak terhadap etanol pada temperatur 40°C



Gambar 3. Grafik hubungan *yield* dengan konsentrasi katalis KOH pada berbagai rasio mol minyak terhadap etanol pada temperatur 50°C



Gambar 4. Grafik hubungan *yield* dengan konsentrasi katalis KOH pada berbagai rasio mol minyak terhadap etanol pada temperatur 60°C.

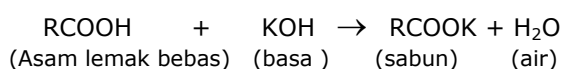
Selain itu, rendahnya *yield* biodiesel yang diperoleh juga disebabkan oleh proses pemisahan antara gliserol dan etil ester lebih sulit dibandingkan pemisahan gliserol dan metil ester pada proses transesterifikasi dengan menggunakan pelarut metanol. Sebagaimana teramati dalam penelitian ini,

lapisan pemisah antara biodiesel dan gliserol tidak terlihat dengan jelas setelah proses transesterifikasi selesai, sehingga diperlukan penambahan gliserol murni agar gliserol dapat terpisah dari biodiesel (Issariyakul dkk., 2007).

Grafik hubungan *yield* dengan jumlah katalis KOH pada berbagai rasio mol minyak terhadap etanol dan temperatur reaksi dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4. Gambar 2, 3, dan 4 menunjukkan bahwa pada berbagai temperatur dan rasio mol minyak terhadap etanol, *yield* biodiesel tertinggi dihasilkan pada pemakaian katalis KOH konsentrasi 1%. Terlihat pula bahwa *yield* tertinggi pada masing-masing temperatur diperoleh dengan menggunakan rasio mol minyak terhadap etanol yang berbeda-beda. Pada temperatur 40°C, 50°C, dan 60°C, untuk menghasilkan *yield* yang tertinggi, dibutuhkan rasio mol minyak terhadap etanol masing-masing sebesar 1:8, 1:12, dan 1:15. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan ultrasonik pada temperatur rendah membutuhkan alkohol yang lebih sedikit dibandingkan pada temperatur tinggi. Stavarache, dkk., (2007) telah melaporkan kecenderungan hasil yang sama. Hal ini memberikan gambaran bahwa penggunaan ultrasonik mampu mengurangi penggunaan energi dan alkohol yang dibutuhkan. *Yield* tertinggi diperoleh pada konsentrasi katalis KOH 1 %, rasio mol minyak terhadap etanol 1:12 dan pada temperatur transesterifikasi 50°C.

Gambar 2, 3 dan 4 juga menunjukkan bahwa pada masing-masing temperatur dan taraf rasio mol, terdapat kecenderungan terjadi peningkatan *yield* biodiesel pada jumlah katalis KOH yang rendah dan mencapai maksimum pada konsentrasi katalis KOH 1%, selanjutnya terjadi penurunan *yield* dengan peningkatan konsentrasi KOH. Hal ini diduga karena bila semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka akan semakin banyak pula sabun yang dihasilkan yang dapat menyebabkan *yield* biodiesel menurun.

Sabun terbentuk dari hasil reaksi antara katalis dengan asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak goreng bekas. Selain itu, sabun yang terbentuk akan mengganggu proses pemisahan gliserol dan etil ester karena sabun larut dalam gliserol. Akibatnya, sabun akan dapat mempertinggi kelarutan biodiesel dalam gliserol sehingga akan mengurangi *yield* biodiesel yang dihasilkan. Reaksi penyabunan dapat dilihat pada persamaan (1). Hasil dengan kecenderungan yang sama sebelumnya juga dilaporkan oleh Encinar dkk. (2002).



Sebagaimana terlihat pada Gambar 2, 3 dan 4, pada berbagai rasio mol minyak terhadap etanol, *yield* tertinggi diperoleh pada temperatur reaksi 50°C yaitu sebesar 55-65%. Hasil ini sedikit lebih besar dibandingkan hasil

Issariyakul dkk. (2007), yang melakukan proses transesterifikasi tanpa bantuan ultrasonik dengan bahan baku minyak goreng bekas dan etanol dimana pada temperatur reaksi 60°C yang menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 62%.

Tabel 1. Karakteristik biodiesel hasil penelitian

Parameter	Biodiesel Hasil Penelitian	SNI 04-7182-2006
Densitas (g/ml)	0,88	0,86 – 0,89
Bilangan Asam (mg KOH/g)	0,72	max. 0,8
Bilangan Iod (g Iod//g)	35,22	max. 155
Bilangan Penyabunan (ml KOH/g)	111,63	--
Bilangan peroksida (mg O ₂ /100g)	12,22	--
Viskositas kinematik (mm ² /s)	2,60	2,3 - 6,0
Nilai pH	7,31	7*

* Sumber: Priyanto (2007).

Dalam penelitian ini, peningkatan temperatur sebesar 10°C yaitu menjadi 60°C, justru akan meningkatkan jumlah etanol yang dibutuhkan. Hal ini diduga karena temperatur reaksi yang tinggi akan menyebabkan kemungkinan alkohol hilang karena penguapan menjadi lebih besar sehingga memerlukan alkohol yang lebih banyak. Selain itu, penggunaan temperatur yang lebih tinggi akan menyebabkan warna biodiesel menjadi lebih gelap (Chongkhong dkk., 2007).

Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagai pembanding adalah karakteristik biodiesel sesuai Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006. Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa karakteristik mutu biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi menggunakan ultrasonik telah memenuhi standar mutu biodiesel yang ada.

4. Kesimpulan

Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang potensial. Proses konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan menggunakan ultrasonik telah dilakukan dalam penelitian ini. Dua tahap proses penyiapan minyak goreng bekas yaitu *degumming* dan esterifikasi perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mempersiapkan minyak goreng bekas sebagai bahan baku proses transesterifikasi. Proses *degumming* dilakukan dengan menggunakan asam fosfat konsentrasi 0,6%. Proses esterifikasi menggunakan bantuan ultrasonik dapat menurunkan bilangan asam minyak goreng

bekas menjadi 1,12 mL KOH/g. Selanjutnya, proses transesterifikasi menggunakan ultrasonik dilakukan untuk mengkonversi minyak hasil esterifikasi menjadi biodiesel. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan melalui proses ini telah memenuhi standar mutu biodiesel sesuai dengan SNI 04-7182-2006. Hasil penelitian diperoleh, kondisi operasi transesterifikasi untuk menghasilkan *yield* biodiesel tertinggi sebesar 65% adalah rasio mol minyak terhadap etanol sebesar 1:12, jumlah katalis KOH 1% dan temperatur reaksi 50°C.

Ucapan Terima Kasih

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Bersaing dengan Nomor kontrak 001/SP2H/PP/DP2M/III/2008 tanggal 6 Maret 2008 serta Lembaga Penelitian Unsyiah yang telah memfasilitasi rangkaian pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agarwal, A.K., Das, L.M., (2001), Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *Journal of Engineering for Gas Turbines & Power*, 123, 440-447
- Berchmans, H.J., Hirata, S. (2008), Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology*, 99, 1716-1721
- Chongkhong, S., Tongurai, C., Chetattananondh, P., Bunyakan, C., (2007), Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate, *Biomass Bioenergy*, 31, 563-568
- Crabbe, E., Nolasco-Hipolito, C.N., Kobayashi, G., Sonomoto, K., Ishizaki, A. (2001), Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties. *Process Biochemistry*, 37, 65-71
- Colucci, J.A., Borrero, E.E., Alape, F. (2005), Biodiesel from an Alkaline Transesterification Reacting of Soybean Oil Using Ultrasonic Mixing, *Journal of American Oil Chemistry Society*, 82, 525-530
- Encinar, J. M., Gonzalez, J. F., Rodriquez, J. J., Tejedor, A. (2002). Biodiesel Fuels From Vegetable Oils: Transesterification Of *Cynara Cardunculus* L. Oils With Ethanol, *Energy & Fuels*, 16, 443 - 450.
- Ghadge, S.V., Raheman, H. (2005), Biodiesel production from Mahua (*Madhuca Indica*) oil having high free fatty acids. *Biomass & Bioenergy*, 28, 601-605
- Issariyakul, T., Kulkarni, M.G., Dalai, A.K., Bakhshi, N.N., (2007), Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed metanol/etanol system, *Fuel Processing Technology*, 88, 429-436
- Prihandana, R., Hendroko, R., Nuramin, M., (2006), *Menghasilkan biodiesel murah*, Agromedia Pustaka, Jakarta
- Ramadhas, A. S., Jayaraj. S., Muraleedharan, C. (2005), Biodiesel Production From High FFA Rubber Seed Oil, *Fuel*, 84, pp. 335-3440.
- Siatis, N.G., Kimbaris, A.C., Pappas, C.S., Tarantilis, P.A. Polissiou, M.G. (2006), Improvement of Biodiesel Production Based on the Application of Ultrasound: Monitoring of the Procedure by FTIR Spectroscopy, *Journal of American Oil Chemistry Society*, 83, 53-57
- Stavarache, C., Vinatoru, M., Maeda, Y. (2006), Ultrasonic versus silent methylation of vegetable oils, *Ultrasonics Sonochemistry*, 13, 401-407
- Stavarache, C., Vinatoru, M., Maeda, Y. (2007), Aspects of ultrasonically assisted transesterification of various vegetable oils with methanol, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 380-386