

BIODIESEL DARI MINYAK BIJI TEH

Irma Rumondang Lamria*

Abstrak

Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji teh dilakukan sebagai salah satu alternatif mencari bahan bakar yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan biji teh yang selama ini terbuang. Minyak biji teh yang digunakan berasal dari klon Gambung 7. Untuk mendapatkan minyak biji teh, biji teh tersebut diekstrak dengan menggunakan peralatan soxhlet dan pelarut *n*-heksana selama 4-5 jam. Minyak yang diperoleh sebesar 17% dari berat serbuk kering, kemudian dilakukan pengujian sifat fisiko-kimia dari minyak biji teh. Komposisi asam lemak penyusun trigliserida minyak biji teh klon Gambung 7 terdiri dari : miristat (0,48 %), palmitat (35,40%), oleat (10,20 %), linoleat (51,40 %) dan linolenat (2,54 %). Selanjutnya minyak biji teh tersebut, dilakukan reaksi transesterifikasi dengan metanol (perbandingan molar 1:9), dengan KOH 1,5% berat minyak, pada suhu ruang dan selama 1 jam. Metil ester (biodiesel) yang diperoleh sebanyak 85,40 % dari berat minyak. Metil ester (biodiesel) tersebut sudah memenuhi standar untuk minyak solar.

Abstract

Research on synthesis of biodiesel from tea seed oil has been conducted as an alternatif way to get environmental friendly fuel oil by using tea seed as a raw material. Because of that, in this research, biodiesel (methyl ester) come from tea seed oil. The tea seed oil made from clone of Gambung 7. The tea seed oil was extracted by using soxhlet and *n*-hexan as a solvent, for 4-5 hours. The oil produced 17% by weight of dry powder, then followed by analysis of physico-chemical characteristics of tea seed oil. The composition of triglycerides of fatty acid from tea seed oil, clone of Gambung 7, consist of : miristat (0,48 %), palmitat (35,40%), oleat (10,20 %), linoleat (51,40 %) dan linolenat (2,54 %). After that, followed by the transesterification reaction with methanol (molar ratio =1:9) , with KOH 1,5% by weight of oil, at room temperature, for 1 hour. Methyl ester (biodiesel) obtained about 85,40 % by weight of oil. Methyl ester (biodiesel) fulfill standard for diesel oil.

Key words : biodiesel, methyl ester, transesterification, tea seed oil.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan minyak solar menyebabkan peningkatan konsumsi minyak bumi, padahal pembangunan dan kemampuan kilang minyak tidak bertambah bahkan menurun. Secara teknis dapat diperhitungkan, bahwa cadangan minyak di Indonesia hanya dapat memasok permintaan sampai 20 tahun dari sekarang, atau bahkan kurang (saputra, 2006). Selain itu, Indonesia menghadapi secara serius polusi udara. Kendaraan-kendaraan bermotor diesel, di samping menimbulkan emisi CO₂, hidrokarbon dan NO_x juga menyumbang asap

hitam yang mengganggu lingkungan (La pupung, 1992).

Oleh karena itu, perlu pengembangan alternatif bahan bakar baru yang ramah lingkungan dan berasal dari sumber yang dapat diperbaharui, salah satunya berasal dari minyak tumbuhan yang dikenal dengan biodiesel. Sebenarnya penggunaan minyak tumbuhan sebagai bahan bakar diesel telah lama digunakan. Penemu mesin diesel, Rudolf Diesel, dilaporkan menggunakan minyak kacang sebagai bahan bakar untuk tujuan demonstrasi mesinnya.

Berbagai penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji ketapang, minyak bekas dan dari minyak biji karet telah dilakukan. Balai Rekayasa Disain dan Sistem Teknologi BPPT tengah bersiap-siap untuk memperkenalkan biodiesel sebagai bahan bakar untuk kendaraan diesel yang berasal dari minyak kelapa sawit. Departemen Kimia Industri, Institut Teknologi Bandung, menggunakan minyak jarak yang didapat dari jarak pagar (*Jatropha curcas*) untuk mesin pembangkit listrik menggantikan solar (Saputra. H, 2006). Selain itu, tidak kalah menarik pembuatan biodiesel dari ganggang mikro.

Dari berbagai penelitian tersebut diketahui, Indonesia kaya akan tanaman penghasil minyak, tetapi banyak yang belum dimanfaatkan, terutama minyak non pangan selama ini masih terbuang. Salah satunya adalah biji teh (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze), yang selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal. Areal tanaman teh di Indonesia sampai dengan triwulan I/2003, seluas 26.383 ha (Anonim, 2006). Tanaman teh dibudidayakan secara besar – besaran untuk diambil daun mudanya, namun biji teh yang dihasilkan hanya sebagian kecil dimanfaatkan untuk bibit dan sebagian besar terbuang. Telah dilakukan penelitian sebelumnya, bahwa biji teh mengandung minyak atau lemak dan saponin dengan kandungan minyaknya sebesar 17 % - 20 % (Hantoro, 1991). Adapun penelitian ini bertujuan mencari alternatif bahan baku baru, yaitu biji teh untuk ditransesterifikasi menjadi metil ester (biodiesel), yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel konvensional dan mempelajari karakteristik dari biodiesel yang dihasilkan.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

BAHAN BAKU

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji teh yang berasal dari klon Gambung 7, dan didapat dari Perkebunan Teh Gunung Mas Puncak, Bogor.

METODE

Ekstraksi minyak biji teh

Biji Teh setelah dikeluarkan dari kulit dan buahnya, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari atau oven sampai kering. Selanjutnya biji teh tersebut digiling sampai halus. Berikutnya diekstraksi dengan pelarut *n*-heksana menggunakan peralatan soxhlet pada suhu 70 – 90 °C selama 4–5 jam. Larutan ekstrak yang diperoleh disaring, selanjutnya pelarutnya

diuapkan dengan menggunakan *vacuum rotatory evaporator* maka akan diperoleh minyaknya.

Analisa sifat fisiko – kimia minyak biji teh

Minyak yang diperoleh, diuji sifat fisiko-kimianya dan ditentukan komponen asam-asam lemak penyusun trigliseridanya. Adapun sifat fisiko kimia yang diuji meliputi : berat jenis, indeks bias, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod dan bilangan peroksida.

Proses transesterifikasi minyak biji teh menjadi biodiesel

Katalis basa, KOH (1,5% dari berat minyak) dilarutkan dalam metanol kemudian ditambahkan minyak biji teh yang selanjutnya diaduk selama 1 jam pada suhu kamar. Adapun perbandingan mol minyak dengan metanol adalah 1:9. Setelah didiamkan 1 jam kemudian campuran dipindahkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan sampai terbentuk 2 fasa, yaitu gliserol (lapisan bawah) dan metil ester (lapisan atas). Metil ester yang terbentuk dipisahkan dari gliserol. Metil ester hasil reaksi dicuci dengan air panas (± 70 °C) sampai air cucian netral. Sisa air dalam ester hasil reaksi dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat, lalu disaring. Biodiesel yang didapat kemudian dianalisa karakteristiknya.

Karakteristik Biodiesel

Untuk mengetahui karakteristik biodiesel maka dilakukan pengujian, antara lain : berat jenis, titik nyala, titik tuang, viscositas kinematik, kandungan debu, residu karbon Conradson, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iodium dan indeks setana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Minyak biji teh

Ekstraksi minyak biji teh dilakukan dengan cara ekstraksi sinambung menggunakan soxhlet. Larutan hasil ekstraksi tersebut setelah 5 jam disaring dan dipekatkan dengan *rotatory evaporator* dengan menggunakan penangas air pada suhu 60 °C. Penggunaan *rotatory evaporator* dimaksudkan agar pelarut yang digunakan dapat menguap sebelum mencapai titik didihnya, sehingga pemisahan pelarut dari minyak biji teh menjadi lebih cepat dan senyawa organik yang ada tidak rusak, karena pemanasannya tidak terlalu tinggi. Setelah semua pelarut *n*-heksana diuapkan, maka minyak biji teh yang didapat ditimbang, diperoleh rendemen minyak biji teh klon Gambung 7 adalah 17,00 %.

Minyak yang didapat dihomogenkan, untuk diambil sebagian dan dianalisa sifat fisiko-kimianya seperti terlihat pada Tabel 1. Selain itu, dilakukan juga penentuan komposisi asam lemak penyusun trigliserida minyak biji teh dengan menggunakan Kromatografi gas. Adapun komposisi asam lemaknya dapat dilihat pada tabel 2.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa minyak nabati memiliki potensi yang cukup besar, baik sebagai bahan bakar pengganti (*fuel substitute*) maupun sebagai perluasan bahan bakar (*fuel extender*) untuk motor diesel (La pupung, 1985), namun kenyataannya, berat jenis minyak cukup tinggi dibanding solar. Selain itu penggunaan minyak nabati secara langsung menyebabkan pembentukan kokas pada injektor, disebabkan adanya aktivitas hidrokarbon tidak jenuh, pelengketan, penebalan dan pembentukan minyak pelumas, hal ini disebabkan karena terkontaminasi minyak nabati (Bulan, 2004).

Untuk mengatasi masalah tersebut diatas, minyak nabati diolah terlebih dahulu dengan reaksi transesterifikasi sehingga diharapkan akan dapat merubah viskositasnya. Selama transesterifikasi, gliserol yang dikeluarkan dari minyak nabati akan menurunkan sifat viskositas dari minyak.

b. Transesterifikasi minyak biji teh menjadi biodiesel

Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang terjadi ketika trigliserida sebagai minyak/lemak nabati, bereaksi dengan metanol dengan keberadaan katalis. Hasil transesterifikasi menghasilkan gliserol dan metil ester asam lemak. Beberapa faktor yang mempengaruhi transesterifikasi adalah waktu reaksi, suhu, jenis katalis, kecepatan pengadukan dan perbandingan mol reaktan dan katalis.

Pada proses transesterifikasi ini digunakan katalis basa, karena reaksi transesterifikasi berlangsung 4000 kali lebih cepat daripada menggunakan katalis asam (Fillipis, 1995). Selain itu, katalis asam seperti asam sulfat, memerlukan suhu yang lebih tinggi (100 °C) dan waktu yang lebih lama yaitu sekitar 3 – 4 jam.

Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah kalium hidroksida (KOH), yang terlebih dahulu dilarutkan dalam alkohol (metanol). Penggunaan KOH dalam metanol lebih baik daripada kalium metoksida, hal ini dikarenakan kalium metoksida menghasilkan ion metoksida yang reaktif (Boocock, 1998). Sedangkan KOH dalam reaksi transesterifikasi ini berfungsi sebagai katalis yaitu menghidrolisis trigliserida untuk membebaskan asam lemaknya, setelah itu dilakukan proses transesterifikasi dengan alkohol.

Tabel 1 Sifat Fisiko – Kimia Minyak Biji Teh Klon Gambung 7

Sifat Fisiko – Kimia	Kandungan
Berat jenis (g/mL)	0,893
Indeks bias	1,452
Bilangan asam, mg KOH/g minyak	1,515
Bilangan penyabunan, mg KOH/g minyak	192,69
Bilangan iod, g iod/100 g sampel	97,45
Bilangan peroksid, meq O ₂ /Kg	3,71

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak Penyusun Trigliserida

Asam lemak	Kandungan (%)	Angka Setana Asam Lemak*	Angka setana thd kandungan as.lemak
Miristat (14:1)	0.48	73.5	0.35
Palmitat (16:0)	35.4	85.9	30.41
Oleat (18:1)	10.2	59.3	6.05
Linoleat (18:2)	51.4	38	19.53
Linolenat (18:3)	2.54	20.6	0.52
Angka setana minyak biji teh secara teoritis			56.87

* Soerawidjaja, T.H., 2006

Konsentrasi katalis (KOH) yang digunakan dalam penelitian adalah 1,5%, hal ini berdasarkan dari beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan katalis KOH berkisar 1 – 2%, ester yang dihasilkan mencapai 98,8%, namun perlu diketahui bahwa pembentukan sabun akan semakin banyak jika basa yang digunakan semakin banyak (Boocock, 1998).

Alkohol yang telah digunakan untuk reaksi transesterifikasi antara lain metanol, etanol, propanol dan butanol. Metanol lebih baik digunakan, karena menghasilkan reaksi biodiesel yang lebih stabil dan kurang dipengaruhi oleh kandungan air dalam minyak (Bulan). Sedangkan penggunaan etanol dipengaruhi oleh adanya air. Telah dilakukan penelitian perbandingan penggunaan butanol dan metanol pada transesterifikasi minyak kedelai pada suhu 23 °C. Penggunaan butanol merupakan reaksi orde kedua, pada menit pertama reaksi sangat cepat dan menghasilkan 60% ester tetapi setelah 4 menit tidak ada penambahan produk ester yang cukup berarti (konstan). Dengan menggunakan metanol reaksi dapat berlangsung cepat kira-kira 12 menit dan setelah 1 jam reaksinya selesai (Boocock, 1998).

Dari penjelasan tersebut diatas, maka pada penelitian ini waktu reaksi yang digunakan adalah 60 menit, bila kurang dari 60 menit dikuatirkan reaksi belum sempurna karena belum ada studi sebelumnya yang mengolah metil ester dari minyak biji teh. Waktu reaksi 60 menit adalah waktu reaksi yang optimal. Setelah 60 menit, ester yang dihasilkan berkurang,

dikarenakan gliserol bebas akan bereaksi dengan metil ester membentuk gliserida (Darnoko, 2000).

Dari penelitian Darnoko (2000), juga diketahui bahwa suhu yang tinggi tidak akan mengurangi waktu reaksi untuk mendapatkan konversi maksimal. Selain itu, Boocock (1998) melakukan transesterifikasi pada suhu 23 °C dan menghasilkan ester mencapai 98,8%. Karena itu pada penelitian kali ini reaksi transesterifikasi minyak biji teh dengan metanol dilakukan pada suhu ruang, hal ini dapat mengurangi pemakaian energi dan akhirnya menurunkan biaya produksi.

Secara stoikiometri, perbandingan minyak : metanol adalah 1 : 3, namun reaksi ini adalah reaksi yang sedikit reversibel, jadi perbandingan mol minyak : metanol harus ditingkatkan, yaitu dengan membuat metanol berlebih. Berbagai penelitian merekomendasikan perbandingan minyak : metanol adalah 1 : 6. Digunakan metanol berlebih, selain untuk bertujuan menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan produk juga untuk mengatasi perbedaan kepolaran antara minyak dan metanol (Boocock, 1998). Selain itu, juga perlu dipertimbangkan bahwa metanol mudah menguap pada suhu ruang, sehingga pada penelitian ini perbandingan mol yang digunakan yaitu minyak : metanol = 1 : 9. Tidak dilakukan perbandingan yang lebih tinggi karena pemisahan metanol berlebih akan memerlukan destilasi ekstra yang akan berdampak pada biaya produksi tinggi.

Tabel 3. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Teh

Karakteristik	Hasil	Standar SNI 04-7182-2006	Metoda
Berat jenis, g/mL	0,849	0,815-0,870	ASTM D 1480
Titik nyala, °C	74,0	min.100	ASTM D.93
Titik tuang, °C	- 3	maks. 18	ASTM D.97
Viskositas kinematik pd 40 °C, cSt	4,745	2,3 – 6,0	ASTM D.445
Kandungan debu, % massa	0	maks. 0,01	ASTM D.482
Residu karbon Conradson, % massa	0	maks. 0,1	ASTM D.189
Bilangan asam, mg KOH/g sampel	0,28	maks 0,8	AOCS Cd 3d-63
Bilangan Penyabunan, mg KOH/g sampel	190,215	-	AOCS Cd 3d-25
Bilangan Iodium, g iod/100 g sampel	93,12	maks 115	AOCS Cd 1-25
Perhitungan indeks setana	54,04	min. 48	JAOCS

Metil ester yang dihasilkan dari minyak biji teh ini adalah sekitar 85,40%, nilai tersebut sudah cukup baik namun perlu ditingkatkan karena metil ester yang berasal dari minyak biji bunga matahari, minyak sawit dan minyak nabati lain, dapat mencapai 95%. Karena itu, perlu penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan jumlah katalis dan waktu reaksi. Metil ester yang didapat kemudian dianalisis karakteristik sebagai biodiesel.

c. Karakteristik Biodiesel dari minyak biji teh

Karakteristik biodiesel dari minyak biji teh hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

Berat jenis metil ester yang dihasilkan adalah 0,849 g/mL, nilai ini lebih kecil dibandingkan berat jenis minyaknya. Hal ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi menurunkan berat jenis minyak, sehingga dapat digunakan sebagai pelumas tanpa menimbulkan deposit dan dapat digunakan langsung.

Titik nyala adalah suhu terendah yang diperlukan suatu bahan untuk dapat membentuk uap dan menyala dengan sendirinya. Nilai titik nyala menunjukkan adanya bahan yang mudah menguap dan mudah terbakar, serta menggambarkan kecenderungan minyak untuk membentuk campuran dengan udara yang mudah terbakar. Dari penelitian ini didapat titik nyala sebesar 74 °C, meskipun nilai ini di bawah standar untuk biodiesel namun di atas standar petroleum solar. Nilai titik nyala ini juga menunjukkan bahwa metil ester dari minyak biji teh masih aman disimpan dalam keadaan terbuka pada suhu ruang dan tidak memerlukan penanganan khusus dalam penyimpanannya.

Sedangkan titik tuang yang diperoleh adalah -3 °C, nilai ini masuk standar untuk standar petroleum diesel. Titik tuang yang rendah ini berguna untuk kapal-kapal nelayan yang menggunakan diesel pada saat suhu di laut di bawah 20 °C, dan kapal dapat tetap berlayar.

Untuk kendaraan bermotor, sifat viscositas sangat penting karena mempengaruhi sifat-sifat pelumasan terhadap pompa injeksi dan komponen lainnya yang bergesekan dengan pompa injeksi bahan bakar, selain itu berfungsi sebagai pelumas yang dapat memperpanjang umur mesin. Viskositas produk metil ester adalah 4,745 mm²/detik. Nilai ini memenuhi standar yaitu 2,3 – 6,0 mm²/detik. Nilai viskositas dipengaruhi oleh kemurnian metil ester. Semakin besar kandungan mono, di dan trigliserida dalam metil

ester, akan meningkatkan harga viskositas metil ester.

Berdasarkan hasil uji kandungan debu biodiesel dari minyak biji teh, biodiesel hasil ekstraksi dari minyak biji teh tidak terdapat kandungan debu karena biodiesel tersebut murni tanpa penambahan aditif. Debu pada pembakaran minyak solar terbentuk karena adanya penambahan aditif untuk menaikkan angka setana (ASTM, 2001).

Pengujian residu karbon Conradson dilakukan untuk bahan bakar yang relatif tidak mudah menguap (ASTM, 2001). Adanya senyawa alkil nitrat pada bahan bakar diesel dapat meningkatkan residu karbon. Metil ester dari minyak biji teh ini tidak menghasilkan deposit karbon, hal ini menunjukkan metil ester tersebut tidak menyebabkan adanya deposit karbon ketika proses pembakaran.

Dari hasil uji bilangan asam metil ester minyak biji teh adalah sebesar 0,28 mg KOH/g sampel, nilai ini memenuhi standar yaitu maksimal 0,8 mg KOH/g sampel. Bilangan asam yang rendah dari metil ester yang dihasilkan, menunjukkan kandungan asam lemak bebasnya yang cukup kecil. Tingkat keasaman biodiesel mempengaruhi daya tahan bakar terhadap penyimpanannya dan tingkat korosifitasnya terhadap mesin.

Sedangkan bilangan iod metil ester adalah 93,12 g iod/100g sampel. Nilai ini masih berada di bawah standar yaitu 115. Tingginya kandungan ester asam tidak jenuh dalam metil ester, akan menaikkan resiko terjadinya polimerisasi terhadap minyak pelumas mesin. Terjadinya polimerisasi ini akan menyebabkan minyak pelumas menjadi encer, sehingga tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Karena itu untuk bilangan iod pada biodiesel diberi batasan yaitu maksimal 115 g iod/ 100 g sampel.

Angka setana merupakan parameter penting dalam melihat kinerja minyak solar. Angka setana bahan bakar diesel menunjukkan kualitas penyalaan bahan bakar tersebut. Namun selain angka setana ada juga yang disebut indeks setana. Indeks setana merupakan parameter untuk memprediksi angka setana jika bahan bakar yang digunakan tidak mencukupi untuk dianalisa angka setananya. Selain itu perhitungan indeks setana digunakan untuk bahan bakar nabati yang dapat langsung digunakan pada mesin (ASTM D-976, 2001).

Pada penelitian ini pengukuran indeks setana menggunakan metode AOCS. Hal ini dilakukan berdasarkan penelitian Kolpfestein (Krisnangkura, 1986), yang menyatakan bahwa pada persamaan ASTM D-976 yang memasukkan faktor titik didih pertengahan dan berat jenis, untuk mengukur indeks setana produk-produk petroleum adalah kurang tepat untuk minyak nabati dan ester asam lemak, karena tidak memperhatikan faktor ketidakjenuhan. Senyawa lemak dengan kandungan ikatan rangkap (*unsaturated*) yang lebih tinggi (bilangan iod tinggi) akan mudah teroksidasi dan terpolimerisasi. Reaksi ini tidak diinginkan, karena mempersingkat waktu penyimpanan minyak dan mempercepat pembentukan gum (getah) pada sistem bahan bakar.

Dari perhitungan indeks setana, didapat nilai indeks setana metil ester dari minyak biji teh adalah 54,04. Nilai ini memenuhi standar, yaitu minimal 48 untuk standar indeks setana minyak solar. Indeks setana untuk biodiesel yang lebih tinggi daripada solar, akan menghasilkan suara mesin yang lebih halus (Darnoko, 1985).

Adapun angka setana dari minyak biji teh jika dilihat dari komposisi asam lemaknya (Tabel 2) terhadap angka setana asam lemak yang dapat dilihat pada Tabel 3, maka didapat hasil perhitungan angka setananya adalah 56,87. Nilai ini tidak berbeda jauh dari indeks setana yang didapat melalui perhitungan dari penelitian Kolpfestein, yaitu 54,04. Karena memang pada dasarnya ketika minyak mengalami transesterifikasi menjadi metil ester (biodiesel) maka gugus fungsi asam lemak tidak mengalami perubahan struktur secara kimia hanya ada perubahan berat jenis menjadi lebih ringan dan menghilangkan residu sehingga metil ester menjadi lebih ringan untuk dijadikan bahan bakar pada mesin diesel.

Berdasarkan karakteristik biodiesel dari minyak biji teh Gambung 7, maka biodiesel ini dapat digunakan sebagai aditif ataupun pengganti minyak solar, namun perlu uji coba lebih lanjut terhadap mesin diesel.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ekstraksi minyak biji teh (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) klon Gambung 7 diperoleh rendemen 17%. Sedangkan konversi minyak biji teh menjadi biodiesel didapat hasil

sebesar 85,40% dan hasil analisa karakteristik biodieselnnya dapat memenuhi standar SNI 04-7182-2006 untuk biodiesel dan spesifikasi bahan bakar minyak solar di Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian sintesis biodiesel dari minyak biji teh yang berasal dari klon lain karena diharapkan biodiesel yang dibuat dari bahan baku minyak non pangan dapat menjadi bahan baku substitusi pengganti minyak bumi dan memanfaatkan bahan lain yang terbuang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, Annual Book of ASTM Standards. ASTM D-93, D-97, D-189, D-445, D-482, D-976, D-1480
- Anonim, 2006, *Budidaya Teh*, <http://www.ppn8.co.id>. 26-06-2006, pukul 21.42 WIB
- Boocock, David G.B, S.K. Konai, V. Mao, C. Lee, and S. Buligan., 1998 "Fast Formation of High-Purity Methyl Esters from Vegetable Oils", *JAOCs*, 75 (9), 1167-1172
- Bulan, C.A.,, *Biodiesel as an Alternative Fuel Leading to Cleaner Environment*, Department of Science & Technology – Industrial Technology Development Institute.
- Darnoko, Tjahjono. H, dan Purboyo Guritno., 2001, "Teknologi Produksi Biodiesel dan Prospek Pengembangannya di Indonesia" *Warta PPKS*, (9), 17-27
- Darnoko, D, Cheryan,M., 2000, "Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Bath Reactor", *JAOCs*, 77 (12) 1263-1267.
- Fillipis, P.D et al., 1995 "Transesterification Processes for Vegetable Oils : a Simple Control Method of Methyl Ester Content", *JAOCs*, vol.72 (11), 1399-1404
- Hantoro, B.D, 1991, *Studi Pendahuluan Penetuan Sifat Fisiko-Kimia dan Asam-Asam Lemak Penyusun Trigliserida Minyak Biji Teh Hasil Ekstraksi*, Skripsi Sarjana Kimia, Jurusan Kimia, FMIPA-UI
- Krisnangkura, K., 1986, "Simple Method for Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Esters", *JAOCs*, vol.63 (4), 523-553

La Pupung, P., 1985, *Penggunaan Minyak kelapa Sebagai Bahan Bakar Motor Diesel*, Laporan Riset, LEMIGAS.

Saputera, H., 2006, *Biodiesel,Mengapa Tidak?*, Tim Mobil Surya Widya Wahana III, ITS.
<http://www.kompas.com>. 05-06-2006,
pukul 20.41WIB

Soerawidjaja, T.H., 2006, Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel. Seminar Nasional "Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan" UGM Yogyakarta, 15 April.