

ANALISA UNJUK KERJA BIODIESEL KAPUK RANDU

Seno Darmanto*

Abstract

This research is carried out to analyze the production of ceiba petandra biodiesel and performance examination in diesel engine. Production of ceiba petandra biodiesel is carried out with transesterification method and alkali catalyst. Transesterification reaction uses methanol and NaOH catalyst. The performance examination is carried out with engine test bed. Engine test bed consists of diesel engine, generator, load and instrumentation. Production of ceiba petandra biodiesel by transesterification method shows the conversion of ceiba petandra biodiesel reaches 90% in condition 50°C – 55°C and material composition consist of 80% of ceiba petandra oil, 20% of methanol and 2 gram NaOH per 100 ml methanol. The performance examination in engine test bed with biodiesel of ceiba petandra shows efficiency reach about 20% to mixture of biodiesel B5 and B10.

Key word: *ceiba petandra, transesterification, biodiesel and efficiency.*

Pendahuluan

Transesterifikasi secara kimia menggunakan proses katalis alkali cukup sukses dalam mengkonversi trigleserida ke minyak biodiesel (metylester). Meskipun reaksi transesterifikasi dengan katalis alkali menghasilkan tingkat konversi yang tinggi dan waktu reaksi yang cepat namun reaksi tersebut mempunyai kekurangan yakni energi besar (intensive), gliserin sulit dipulihkan (recovery), katalis dibuang dan perlu pengolahan, asam lemak bebas dan air bercampur dengan reaksi.

Proses transesterifikasi dengan enzim cenderung mempunyai kelebihan dalam peningkatan kuantitas dan kualitas hasil konversi minyak nabati menjadi minyak biofuel/biodiesel. Keuntungan aplikasi katalis enzim lipase dibandingkan dengan katalis alkali dalam peningkatan kuantitas dan kualitas konversi minyak nabati ke biodiesel meliputi temperatur kerja lebih rendah (30°C – 40°C), tanpa busa, hasil konversi (methel ester) tinggi, bersifat murni (mudah/tanpa pemurnian), glycerol mudah dipulihkan (recovery) dan tidak terpengaruh kandungan air (Fukuda, at al, 2001; Hasan, 2006). Namun proses transesterifikasi secara enzymatic masih terfokus pada kajian ekonomis sehubungan

pengadaan enzim lipase yang masih relative mahal (Fukuda, at al, 2001). Produksi enzim lipase secara mandiri/asli (*indigenous*) menjadi faktor penting untuk mendukung proses transesterifikasi secara enzimatik. Beberapa enzim lipase indigenous telah dibuat dan diaplikasikan untuk proses hidrolisis, esterifikasi dan transesterifikasi secara enzimatik meliputi enzim ekstrak kecambah biji wijen (Suhendra, at al., 2002), dedak padi, *bromelin* (Susanti, 2004), protease (Susanti, 2003), ragi tempe (Susanti, 2000).

Pengalihan bahan bakar bersumber minyak bumi ke minyak biodiesel tidak dapat secara otomatis diaplikasikan pada mesin diesel. Perbedaan sifat (*properties*) kedua minyak bahan bakar tersebut mempengaruhi konstruksi sistem saluran bahan bakar dan pengaturan saat pembakaran (*injection timing*). Kekentalan minyak biodiesel lebih besar dari pada minyak diesel sehingga akan mempengaruhi laju aliran di sistem saluran bahan bakar dan formasi pengabutan bahan bakar oleh injektor. *Fash point dan pour point* kedua bahan bakar berbeda sehingga mempengaruhi pengaturan (*setting*) injeksi bahan bakar (*injection dan ignition timing*). Kedua bahan bakar mengandung pengotor (*impurities*) yang berlainan di mana bahan bakar biodiesel mengandung dan cenderung membentuk lilin (*paraffin*) pada temperatur rendah (kamar) sehingga perlu treatment tertentu terhadap bahan bakar biodiesel untuk mencegah terbentuknya lilin di lapisan permukaan (Tyson, 2004). Bahan bakar biodiesel mudah mengeras (*aging*) dan mengalami oksidasi (*oxidation*) sehingga korosi di saluran bahan bakar mudah terjadi (Stombaugh at. all., 2006; Strawn, 1995). Bahan bakar biodiesel mempunyai masalah kestabilan (*stability*). Kestabilan bahan bakar merujuk pada 2 dua istilah yakni kestabilan dalam jangka panjang (*long-term stability or aging*) yang berhubungan erat dengan sifat oksidasi dan kestabilan yang berhubungan dengan temperatur/tekanan elevasi (*stability at elevated temperatures and/or pressures*) biasa dinamakan kestabilan termal (*thermal stability*) yang berhubungan dengan penurunan kualitas bahan bakar (*fuel degradation*) di sistem saluran terutama komponen injektor di mana efek lebih lanjut menyebabkan coking injeksi (*injector coking*) (Tyson, 2004).

Pengujian bahan bakar biodiesel pada mesin diesel menunjukkan indikasi yang baik pada waktu-waktu awal namun unjuk kerja akan mengalami penurunan setelah waktu berjalan agak lama. *Durability test* menunjukkan bahwa mesin akan gagal operasi secara awal ketika beroperasi dengan bahan bakar campuran yang mengandung minyak tumbuhan. Aplikasi bahan

bakar petroleum yang dicampur dengan biodiesel di mana sifat bahan bakar petroleum cenderung membentuk endapan (deposit) dan sifat bahan bakar tumbuhan yang bisa melumasi (*lubrication ability*) menyebabkan endapan bisa lepas dan bergerak/berpindah dan efek lebih lanjut dapat menyumbat saluran bahan bakar dan saringan

Kajian properties minyak nabati menunjukkan bahwa minyak kelapa sebagai bahan bakar biodiesel menunjukkan nilai kalor yang setara dengan solar yakni 19177 BTU/lbm dibanding dengan solar sebesar 19603 BTU/lbm. Pengujian mesin diesel dengan bahan bakar minyak nabati dan minyak solar menunjukkan bahwa aplikasi minyak nabati akan menghasilkan efisiensi dan daya mesin yang lebih besar dibanding dengan minyak solar, karena suhu gas buang yang dihasilkan lebih rendah. Ada penurunan kualitas nilai kalor rata-rata 2% (Muryama, at. al., 2002; Grabosky at al, 1999). Namun demikian minyak nabati mempunyai angka cetane (cetane number) yang jauh lebih tinggi, hal ini akan menguntungkan karena diperoleh keterlambatan penyalaan (ignation delay) yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak solar. Adanya keterlambatan penyalaan yang lebih pendek, daya yang dihasilkan menjadi besar dan efektif, maka performan mesin lebih optimum.

pengujian minyak biodiesel kelapa dengan komposisi minyak biodiesel kelapa 5%, 10%, 15% dan 20% di mesin diesel menunjukkan bahwa efisiensi daya maksimum dicapai pada komposisi 15% minyak biodiesel kelapa (Darmanto at al, 2007). Perubahan power tidak signifikan pengaruhnya bahkan terjadi penurunan partikel smoke. Penelitian kinerja pompa injeksi menunjukkan bahwa pemakaian minyak nabati dicampur dengan bahan bakar solar akan diperoleh viskositas campuran relatif lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar, dan didapatkan suhu emisi gas buang relatif lebih rendah, sehingga meningkatkan efisiensi. Angka viscositas yang tinggi menyebabkan beban kerja pompa bahan bakar menjadi lebih berat (Altin, at al., 2002).

Penelitian minyak nabati untuk bahan bakar pesawat terbang menunjukkan bahwa penggunaan minyak nabati pada turbin gas yang mempunyai nilai kalor lebih rendah (2-3%) dan tidak begitu berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin. Dengan demikian minyak nabati memenuhi kriteria sebagai pengganti bahan bakar pesawat terbang, sedangkan emisi gas buang lebih rendah 10% bila dibandingkan dengan bahan bakar yang dipakai turbin gas dan tidak berpengaruh terhadap atmosfer (Kavouras, at al., 2000).

Peneliti lain terhadap minyak nabati menunjukkan bahwa minyak nabati mempunyai nilai kalor lebih rendah dibanding minyak diesel atau solar, angka cetane yang tinggi, emisi gas buang CO dan HC lebih rendah, NOx lebih tinggi (Wang at.al, 1999). Emisi gas Nox

paling rendah pada campuran B20 (20% biodiesel) untuk berbagai macam perbandingan udara dan bahan bakar (Krishna, 2002).

Pengujian viskositas minyak nabati yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa viskositas minyak nabati lebih besar bila dibandingkan dengan minyak diesel. Ceiba petandra oil murni dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel, tetapi dengan memodifikasi motor tersebut, antara lain pompa bahan bakar, filter, timing injection, heater (Cloin, 2004).

Uji sifat fisik dan kimia (properties) minyak kelapa menunjukkan bahwa minyak kelapa mempunyai kekentalan yang lebih tinggi dari pada solar (11,2 cst lebih besar dari pada 3,69 cst (Singh, 2006)) dan flash point yang lebih rendah dari pada solar (68°F lebih rendah dari pada 144°F) (Darmanto at al, 2007).

Metodologi

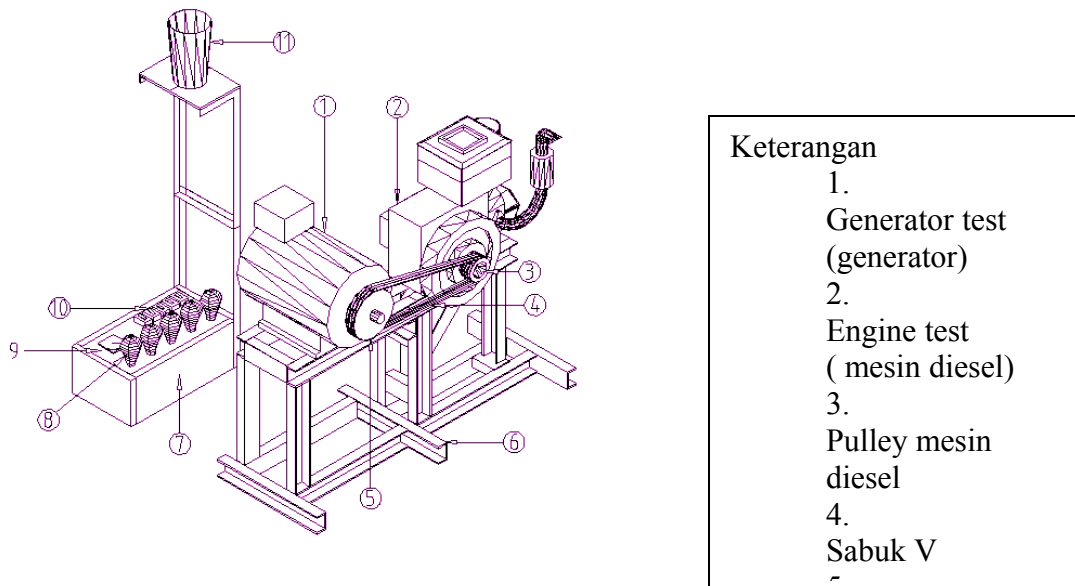
Bahan yang digunakan terdiri dari minyak kapuk randu, methanol, katalis NaOH dan solar. Mekanisme pembuatan biodiesel kapuk randu terdiri dari penyaringan, menyiapkan sodium metoksid dan pemanasan dan pencampuran, pengendapan dan pemisahan. Minyak kapuk randu yang masih kotor perlu disaring terlebih dahulu agar bersih dari kotoran. Kotoran biasanya berupa serpihan kapuk randu hasil pamarutan yang ikut masuk ke dalam minyak kapuk randu.

Penyaringan yang dilakukan dengan menggunakan kain yang agak rapat dan bersih. Selanjutnya pembuatan sodium metoksid dilakukan dengan menentukan komposisi methanol yakni 20% dari jumlah minyak kapuk randu. NaOH yang digunakan ditentukan 4 gram untuk satu liter minyak kapuk randu. NaOH sebanyak 2 gram disiapkan dan ditimbang dengan menggunakan timbangan elektrik (neraca ohaus), dan selanjutnya dimasukkan ke dalam labu takar. Methanol sebanyak 100 ml disiapkan dengan menggunakan gelas ukur dan kemudian dituang ke dalam labu takar yang sudah ada NaOH.

Pembuatan minyak biodiesel kapuk randu pertama-tama dilakukan dengan menuang minyak kapuk randu ke dalam bakker glass. Kemudian bakker glas ditaruh di atas stirer dan dipanaskan untuk menguapkan uap air hingga temperature mencapai suhu 50°C. Pemanasan awal dilakukan selama 5-10 menit tergantung dari penyetelan pemanasnya. Setelah suhu 50°C tersebut tercapai maka larutan sodium metoksid dituangkan ke dalam minyak kapuk randu dan diiringi dengan proses pengadukan hingga kedua larutan tersebut menyatu.

Pemanasan dan pengadukan secara merata dilakukan pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ($45\text{-}55^{\circ}\text{C}$) selama satu jam. Setelah proses pemanasan dan pencampuran selesai kemudian campuran tersebut dimasukan ke dalam corong pemisah. Di dalam corong pemisah campuran tersebut didiamkan selama 24 jam atau lebih untuk memisahkan biodiesel kapuk randu dengan gliserin (deposit) (Pelly, 2005).

Peralatan pengujian unjuk kerja bahan bakar biodiesel kapuk randu menggunakan engine test bed. Mekanisme engine test bed ditunjukkan di gambar 1. Rancang bangun engine test bed pada prinsipnya terdiri dari mesin diesel, generator, transmisi daya, instalasi beban dan alat ukur.



Gambar 1. Engine test bed

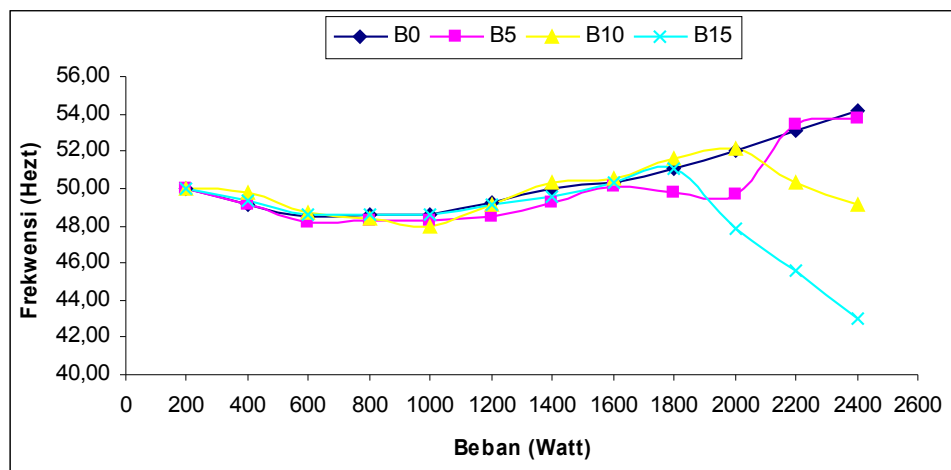
Mesin diesel menggunakan motor diesel kubota. Spesifikasi motor diesel selengkapnya sebagai berikut : jenis mesin Diesel Kubota, type RD 85 DI, jumlah dan susunan silinder 1 (satu) silinder horisontal, mekanisme katup OHV, isi silinder 487 cc, klasifikasi mesin diesel 4 langkah, diameter silinder 85,90 mm, diameter piston 85,89 mm, perbandingan kompresi 18 :1, langkah piston 84 mm, daya indikator 8,5 HP/2200 rpm, daya efektif 7,5 HP/2200 rpm, torsi maksimum 3,080 kgm/1800 rpm, sSistem pembakaran direct

injection, jenis minyak pelumas SAE 30, sistem pendingin hopper, isi air pendingin 11 liter, isi tangki bahan baker 9,5 liter dan isi minyak pelumas : 2,4 liter

Generator merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan tegangan dan arus listrik sehingga akan diketahui besarnya daya yang ditimbulkan. Dari alat uji ini dapat diketahui besarnya daya yang dikeluarkan oleh motor diesel terhadap putaran dan beban generator yang bervariasi. Generator yang dipakai dalam pengujian adalah generator arus AC sinkron dengan spesifikasi sebagai berikut pabrikan Min Dong, model generator AC sinkron 1 phase, type ST-5, voltage 230, daya 5000 watt, daya input 8,45 Ps, arus max 21,5 ampere, putaran 1500 rpm, frekuensi 50 hz, $\cos \phi:1$ dan 1 phase.

Hasil dan Pembahasan

Hubungan antara beban dengan frekuensi generator untuk berbagai komposisi bahan bakar ditunjukkan di gambar 2. Berdasarkan gambar 2 tersebut menunjukkan bahwa frekuensi cenderung naik dengan kenaikan beban. Grafik fungsi beban dengan frekuensi generator di atas diambil pada tegangan tetap yaitu 220 volt. Kriteria tegangan 220 volt tersebut didasarkan pada persyaratan dari pembebanan alat-alat listrik/elektronik yang menggunakan tegangan 220 volt. Kenaikan pembebanan akan diikuti oleh kenaikan frekuensi.



Gambar 2. Hubungan beban dengan frekuensi generator pada tegangan 220 volt

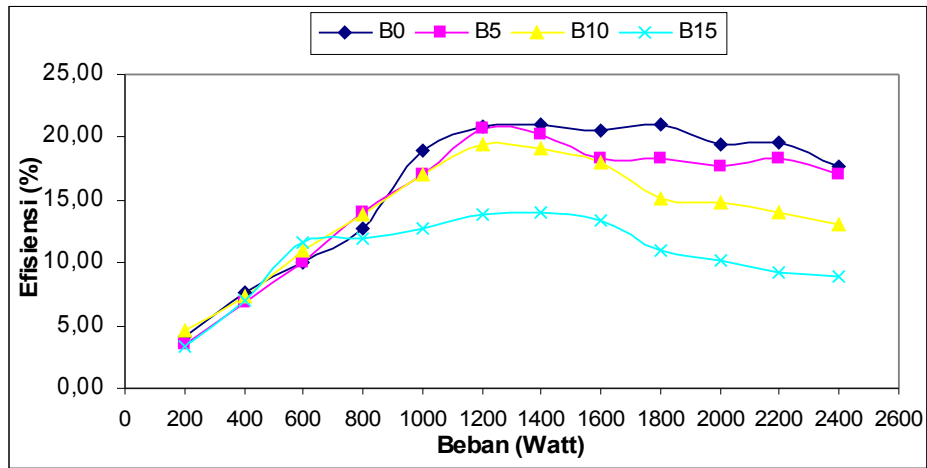
Pada saat awal menaikkan pembebanan lampu, voltase di generator akan menurun di bawah 220 volt. Dengan kriteria output tegangan di generator harus mencapai 220 volt, maka setting mesin diatur kembali dengan cara menaikkan konsumsi bahan bakar dan udara bakar. Dalam praktek di lapangan, setting mesin ini dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis yang tujuannya untuk menstabilkan putaran mesin, konsumsi bahan bakar dan konsumsi udara. Dengan putaran mesin dan generator (terutama) pada putaran standar (± 1450 rpm) maka output daya akan pada posisi tegangan 220 dan frekuensi ± 50 Hz. Pembebanan lampu yang semakin bertambah akan membutuhkan penambahan energi (daya) yang berarti pula penambahan konsumsi bahan bakar. Frekuensi kelistrikan di Indonesia dan frekuensi yang dipersyaratkan oleh peralatan elektrik berkisar antara 48-52 Hz.

Berdasarkan kecenderungan grafik di gambar 2, kondisi/persyaratan yang dapat memenuhi keperluan peralatan listrik di Indonesia terjadi pada beban ± 200 watt - ± 1800 watt. Untuk bahan bakar B0, output daya mempunyai frekuensi di antara 48 Hz - 52.06 Hz pada beban/daya di antara ± 200 watt - ± 2000 watt. Sedangkan frekuensi idealnya (50 Hz) terjadi pada beban 1100-1600 watt. Untuk bahan bakar B5 (biodiesel kapuk randu 5% dan solar 95%), frekuensi tertinggi yang masih bisa digunakan terjadi pada beban ± 2000 watt dengan frekuensi ideal (50 Hz) terjadi pada beban ± 1500 watt. Selanjutnya berdasarkan gambar 2, jenis bahan bakar biodiesel kapuk randu adalah B10, karena komposisi bahan bakar ini dapat mendukung untuk pembebanan relatif besar dengan kondisi frekuensi yang diijinkan dan voltase 220 volt. Untuk bahan bakar B15, generator cenderung menghasilkan output daya dengan frekuensi di bawah kondisi standar.

Hubungan antara beban dengan efisiensi menunjukkan bahwa bahwa kenaikan beban akan diikuti oleh kenaikan efisiensi dan kemudian pada beban tertentu efisiensinya menurun meskipun beban dinaikkan. Hubungan antara beban dengan efisiensi secara visual ditunjukkan di gambar 3.

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan bahwa bahan bakar B0 mempunyai efisien rata-rata paling baik bila dibanding dengan yang lainnya. Efisiensi B0 akan optimum pada pembebanan 1.000 watt – 1800 watt dengan efisiensi ± 20 %. Ada dugaan efisiensi yang tinggi lebih banyak dipengaruhi oleh properties (kekentalan, nilai kalor, flash point dan sebagainya) bahan bakar B0 yang lebih baik sehingga pembakaran terjadi pada kondisi optimal. Pada beban 2200 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun untuk bahan bakar B0. Mesin diesel yang digunakan untuk pengujian merupakan mesin standar dan pengaturan pengapain

standar sehingga hal ini akan wajar jika efisiensi terbaik pada bahan bakar B0



Gambar.3. Hubungan beban dengan efisiensi η pada tegangan 220 volt

Selanjutnya berdasarkan gambar 3 untuk bahan bakar biodiesel B5 dan B10 menunjukkan bahwa efisiensi relatif mendekati efisiensi untuk bahan bakar B0 untuk pembebanan 800 watt – 1400 watt. Efisiensi tertinggi terjadi pada beban 1200 watt. Efisiensi rata-rata optimum terjadi pada pembebanan 1000 watt – 1400 watt dengan efisiensi rata-rata $\pm 19\%$. Pada beban di atas 1400 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun meski beban dinaikkan. Untuk bahan bakar B15 menunjukkan bahwa efisiensi berfluktuasi terhadap kenaikan pembebanan dan cenderung rendah. Efisiensi tertinggi terjadi pada beban 1.000 watt – 1.600 watt. Efisiensi rata-rata optimum pada pembebanan 600 watt – 1.600 watt dengan efisiensi rata-rata $\pm 14\%$. Pada beban 1.600 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun meski beban dinaikkan.

Kesimpulan

Minyak biodiesel kapuk randu diperoleh dari minyak kapuk randu yang direaksikan dengan methanol serta katalis NaOH yang menghasilkan metylester (biodiesel) dan gliserin. Keberhasilan proses pembuatan biodiesel dipengaruhi oleh putaran pengadukan, temperatur pemanasan dan kadar katalis serta kandungan air ketika pembuatan sodium metoksid.

Temperatur raksi diatur 50°C – 55°C. Konversi biodiesel kapuk randu akan optimum pada komposisi 80% minyak kapuk randu, 20% methanol dan 2 gram NaOH tiap 100 ml methanol. Kemudian frekwensi kerja bahan bakar biodiesel kapuk randu cenderung lebih rendah dari pada frekwensi kerja bahan bakar solar pada kondisi beban yang sama. Dan pengujian bahan bakar di engine test menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel kapuk randu B5 (komposisi 5% biodisel kapuk randu dan 95% solar) mempunyai efisiensi lebih baik dari pada B10 dan B15.

Uji teknis kelayakan (daya dan efisiensi) menunjukkan bahwa bahan bakar biodisel B5 (komposisi 5% bio-disel kapuk randu dan 95% solar) dan B10 (komposisi 10% bio-disel kapuk randu dan 90% solar) kapuk randu mempunyai potensi cukup baik untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar alternatif/pengganti solar.

Daftar Pustaka

- Altin, R.; Centikaya, S.; Yucesu. S., [2002] *“The Potensial of Using Vegetable Oil Fuel for Diesel Engines”*
- Cloin.J, 2005, *“Coconuts Oil as Biofeul in Pasific Islands- Challanges & Opportunities”*, South Pasific Geoscience Commision, hal 2 – 4.
- Darmanto, dan Ireng S.A., 2006, *“Analisa Sifat Fisik dan Kimia (Properties) Minyak Biodiesel Kelapa “*, Majalah Traksi vol 4, no 2 , hal 62-68, Desember 2006, ISSN : 1693-3451.
- Darmanto, 2007, *“ Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Kelapa”*, Majalah Eksergi, Vol 3 , No. 1, Periode Januari 2007
- Fukuda,H., Kondo, A., dan Noda, H., 2001, *“Biodiesel Fuel Production by Transesterification Oil”*, Journal Bioscience and Bioengineering Vo. 92 No. 5, 405-416
- Grabosky MS, dan McCormick R.L., [1999] *“Combustion of Fats and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engine”* Prog. Energy Comb. Sci. Vol 24 pp.125-164.
- Hasan, F, Shah, A.A. dan Hameed, A., 2006, *“Industrial Aplication of Microbial Lipases”* Microbial research Lab., Department of Biological, Quid-i-Azam University, Islamabad Pakistan
- Kavouras, I., 2000, *“Chemical Characterization of Emissions for Vegetable Oil Processing and Their Contribution to Aerosol Mass Using The Organis Mollecular Makers Approach”*.
- Krishna, C . R. and Mc Donald, R. J., [2003], *“Combustion Testing of a Biodiesel Fuel Blend”*.

- Murayama, T., Fujiwara, Y., Noto, T. 2002, “*Evaluating Waste Vegetable Oil As a Diesel Fuel*”.
- Pelly, M., 2005, “Mike Pelly's biodiesel method”
- Singh.RK, Kumar A.Kiran,Sethi.S, 2006, “*Preparation Of Karanja Oil Methil Ester*”.
- Reed TB, Graboski MS, Gaur S [1992], “*Biodiesel from Waste Vegetable Oil*” International Pyrolysis Conference.
- Stombough, T., Czarena Crofchek dan Mike Montross, 2006, “ *Biodiesel FAQ*”, UK Cooperative Extension Service, Universitas of Kentucky, www.ca.uky.edu, hal 1-2.
- Strawn, N. dan Norm Hinman, 1995, *Biodiesel, Bio Facts*, National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, hal 1-2.
- Susanti, M.T., 2004, ‘ *Bioekstraksi Minyak Dari Krim Santan Kelapa Oleh R. Oligosporus, L.Bulgarikus, Sacharomyces Cerevicie, Icsi Tubuh Kepiting Darat Dan Enzim Bromelin*, Seminar Nasional Penelitian Dosen Muda Studi Kajian Wanita Dan Social Keagamaan Jakarta 2004
- Susanti, M.T, 2003, ‘ *Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Oleh R. Oligosporus, L Bulgaricus Dan Enzim Bromelin*, Prosidingseminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan, Lembaga Penelitian Undip 13 Maret 2003
- Susanti, M.T, 2003, *Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Oleh R. Oligosporus, L Bulgaricus Dan Enzim Protease*’, Seminar Nasional Hasil Penelitian Dosen Muda Perguruan Tinggi Dikti Nasional Cisarua Bogor 19-21 September 2002
- Susanti, M.T., 2000, “*Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Tempe*”, Prosidingseminar Nasional Peran Teknologi Tepat Guna Terhadap Pengembangan Iptek Dan SDM Dalam Rangka Menyongsong Otonomi Daerah Unibrow-Malang, 20-21 November 2000
- Suhendra, L., Tranggono dan Hidayat, C., 2002, “*Aktifitas Hidrolisis dan Esterifikasi Lipase Ekstrak Kecambah biji Wijen (Sesamun Indium)*”, Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fak. Tek. Pertanian UGM Yogyakarta.
- Tyson, S., K, 2004, *Biodiesel Handling and use Guidelines*”, National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Commerce.
- Wang, 1999, “*Chaohuan Studies of Thermal Polymerization of Oil With a Differential Scanning Calori Meter*”