

**KAJIAN PENGARUH TEMPERATUR
DAN KECEPATAN PENGADUKAN
TERHADAP KONVERSI BODIESEL DARI MINYAK SAWIT
MENGUNAKAN ABU TANDAN KOSONG SAWIT SEBAGAI KATALIS**

**Study of Effect of Temperature and Speed of Stirring
to Biodiesel Conversion of Palm Oil
With the Use of Empty Fruit Bunch Palm Ash as a Catalyst**

Asna Luthfiyati¹, Yoeswono², Karna Wijaya¹, dan Iqmal Tahir^{1*}

¹Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada Sekip Utara
Yogyakarta 55281

²Pusdiklat Migas, Jl. Sorogo No. 1 Cepu, Jawa Tengah, Indonesia

*contact person : telp/fax : 0274-545188 ; iqmal @ugm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian mengenai pemanfaatan abu tandan kosong sawit (TKS) pada reaksi transesterifikasi minyak sawit telah dilakukan untuk mengetahui potensinya sebagai katalis dengan variasi temperatur dan kecepatan pengadukan. Kandungan basa kalium yang terdapat pada abu TKS dianalisis dengan AAS dan uji alkalinitas. Komposisi asam lemak minyak sawit dianalisis dengan GC-MS. Abu TKS diekstraksi dengan metanol disertai pengadukan selama satu jam yang selanjutnya digunakan untuk reaksi transesterifikasi minyak sawit. Konversi biodiesel dianalisis dengan ¹H NMR dan karakter fisik biodiesel yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan metode standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kalium karbonat di dalam abu relatif tinggi yaitu sebesar 25,92%. Peningkatan temperatur dan kecepatan pengadukan menyebabkan peningkatan persentase konversi biodiesel yang dihasilkan. Hasil analisis sifat fisik biodiesel menggunakan uji ASTM menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dan kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi menghasilkan biodiesel dengan sifat fisik yang semakin sesuai dengan spesifikasi Minyak Solar 48 dan biodiesel

Kata kunci : abu tandan kosong sawit, biodiesel, katalis

ABSTRACT

A study of the use of empty fruit bunch palm ash to evaluate its function as a catalyst for transesterification reaction of palm oil has been developed, based on the effect of temperature and speed of stirring. Alkalis content of empty fruit bunch palm ash was analyzed by AAS and alkalinity testing. Composition of fatty acid of palm oil was analyzed by GC-MS. The empty fruit bunch palm ash was extracted in methanol with stirring for one hour to be used in transesterification reaction of palm oil. The biodiesel conversion was determined by ¹H NMR and the physical properties of product was measured by ASTM Standard Methods.

The result showed that empty fruit bunch palm ash has a potassium carbonate content (25.92%). Increasing of temperature and speed of stirring caused the increasing of percentage of the biodiesel conversion. The result of ASTM method showed that the increasing of temperature and speed of stirring for transesterification reaction obtained the better physical properties characterization of biodiesel were relatively conformed with specification of 48 Minyak Solar and biodiesel.

Keyword: biodiesel, empty fruit bunch palm ash, palm oil

PENDAHULUAN

Kemajuan pembangunan negara-negara di dunia sangat bergantung pada energi. Tuntutan ketersediaan energi untuk pemenuhan kebutuhan di berbagai bidang terus meningkat. Keadaan tersebut mengakibatkan pemanfaatan sumber daya energi semakin tidak terkendali terutama sumber energi konvensional yang bersifat tidak terbarukan seperti minyak bumi. Minyak bumi merupakan sumber energi yang paling diminati dewasa ini diperkirakan akan habis sekitar 40 tahun ke depan, disusul gas bumi sekitar 60 tahun dan batu bara kurang lebih 200 tahun ke depan.

Indonesia secara keseluruhan mengalami defisit minyak (minyak mentah dan hasil minyak) mencapai 7,9 miliar dolar AS pada tahun 2006. Jika kecenderungan ini terus berlanjut maka defisit minyak dari tahun ke tahun akan semakin bertambah karena produksi minyak mentah yang terus-menerus merosot. Pada tahun 1997 produksi minyak mentah Indonesia masih di atas 1,5 juta barel per hari dan mulai tahun 2007 tinggal 950.000 barrel per hari. Indonesia merupakan negara pengimpor hasil minyak terbesar di Asia. Hal ini disebabkan karena kapasitas kilang yang dimiliki hanya mampu menghasilkan dua pertiga dari kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) domestik. Swasembada BBM sangat penting karena tidak hanya untuk memperkokoh keamanan energi, tetapi juga untuk mendorong kemajuan industri (Anonim, 2007).

Bersamaan dengan itu juga muncul permasalahan lain terkait dengan lingkungan yaitu pencemaran udara meningkat yang disebabkan oleh emisi gas hasil pembakaran produk minyak bumi, dimana akibat lebih lanjut dapat menyebabkan efek rumah kaca, *global warming*, hujan asam, dan lain-lain. Salah satu jenis bahan bakar minyak yang banyak digunakan adalah minyak diesel. Penggunaannya antara lain sebagai bahan bakar mesin truk, bis, kereta api, generator listrik, alat-alat pertanian, dan alat-alat pertambangan (Srivastava dan Prasad, 2000). Mesin diesel yang menggunakan solar sebagai bahan bakar dapat mengemisikan berbagai macam gas antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂), selain itu juga menghasilkan hidrokarbon (aromatik polisiklik) dan partikulat kasar, yang semuanya berbahaya bagi kesehatan manusia (Hardjono, 2001).

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, berbagai penelitian telah banyak dilakukan sehingga menghasilkan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu bahan bakar alternatif yang terus dikembangkan yaitu biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui, mengandung beberapa macam ester asam lemak yang diproduksi dari minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan lain di Indonesia yang berpotensi menjadi sumber energi ini. Berdasarkan beberapa kriteria, minyak sawit merupakan minyak nabati yang paling potensial yang dapat digunakan sebagai bahan mentah pembuat biodiesel (Soerawidjaja, 2006). Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia setelah Malaysia sehingga Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi biodiesel dengan bahan baku minyak sawit.

Pengolahan sawit selain menghasilkan CPO (*Crude Palm Oil*) juga menghasilkan produk-produk samping dan limbah cair, yang bila tidak diperlakukan dengan benar akan berdampak negatif terhadap lingkungan. Satu ton tandan buah segar sawit mengandung 230–250 kg tandan kosong sawit (TKS), 130–150 kg serat (*fiber*), 65–65 kg cangkang (*shell*) dan 55–60 kg biji (*kernel*) dan 160–200 kg minyak mentah (*crude oil*) (Kittikun *et al.*, 2000). Jumlah persentase tandan kosong sawit sebagai produk samping pada pengolahan sawit yang relatif besar ini mendorong usaha untuk memanfaatkannya secara optimal.

Selama ini TKS dimanfaatkan sebagai substrat dalam budidaya jamur, bahan bakar boiler, dan dibakar untuk dimanfaatkan abunya. Abu yang diperoleh dari pembakaran TKS mempunyai kadar kalium yang tinggi (45–50%) (Kittikun *et al.*, 2000), sehingga abu TKS ini sering digunakan sebagai pengganti pupuk (Saletes *et al.*, 2004). Bila abu ini dilarutkan dalam air akan diperoleh larutan alkalis, yang dapat dimanfaatkan dalam proses *pulping* pada pembuatan kertas (Darnoko *et al.*, 1995). Selain itu juga dapat digunakan dalam proses pembuatan sabun (Onyegbado *et al.*, 2002). Kandungan kalium yang tinggi pada abu TKS ini diharapkan dapat dimanfaatkan juga sebagai sumber katalis basa pada proses transesterifikasi

minyak sawit menjadi biodiesel menggantikan KOH.

Yoeswono (2007) telah melaporkan pemanfaatan abu TKS sebagai sumber katalis basa untuk pembuatan biodiesel dari minyak sawit. Pada penelitian tersebut dipelajari adanya pengaruh faktor berat katalis dan rasio molar minyak/metanol terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Untuk melanjutkan penelitian tersebut maka pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh temperatur dan kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi pembuatan biodiesel menggunakan katalis basa dari abu tandan kosong sawit.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: abu tandan kosong kelapa sawit hasil pembakaran TKS (dari pabrik di daerah Jambi), minyak sawit (pasar Beringharjo Yogyakarta), metanol teknis (Brataco Chemika), dan bahan-bahan kimia dengan kualitas p.a dari Merck terdiri dari: cesium nitrat (CsNO_3), asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), dan natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: alat-alat laboratorium, satu set alat refluks kapasitas 500 mL (dilengkapi dengan *constant temperature bath* (yang mampu menjaga temperatur dalam rentang 0,2 °C), dan sistem pendingin), seperangkat alat distilasi sederhana, *stopwatch*, timbangan elektrik (Mettler RE 200), penyaring 100 mesh, oven, *furnace*, spektrometer serapan atom (AAS, Varian FS 220), kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS, Shimadzu QP-5000), spektrometer resonansi magnetik kulit proton (^1H NMR, JEOL-MY60), kalorimeter bom (Parr 6300), alat-alat uji standar ASTM (ASTM D 98, ASTM D 97, ASTM D 2500, ASTM D 93, ASTM D 4530, dan ASTM D 445)

Prosedur

Preparasi abu tandan kosong sawit

Abu TKS dipanaskan dengan oven untuk menghilangkan air yang masih terkandung di dalam abu TKS kemudian digerus dengan mortar dan disaring dengan penyaring mesh 100. Selanjutnya abu diabukan kembali (*reashing*) dengan temperatur 700 °C selama 3 jam untuk menghilangkan karbon-karbon yang terdapat di dalam abu TKS.

Untuk menentukan kadar kalium dalam abu TKS, 0,5 g abu dilarutkan dalam sejumlah volume

air raja (*aqua regia*) selanjutnya dipanaskan hingga volume menjadi sepertiganya. Larutan dicukupkan volumenya sampai 50 mL dalam labu takar dengan akuades. Larutan yang terjadi ditambah 5 mL larutan cesium 10.000 ppm, dicukupkan sampai 100 mL dalam labu takar dengan akuades. Dibuat seri larutan standar kalium 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; dan 1,0 ppm. Pada masing-masing larutan standar ini juga ditambahkan larutan cesium 10.000 ppm, demikian pula untuk larutan blangko. Selanjutnya larutan-larutan yang telah dipersiapkan (larutan standar dan larutan contoh) dan blangko dimasukkan ke dalam AAS. Dari hasil analisis dengan AAS dapat ditentukan kadar logam di dalam abu tersebut.

Keberadaan ion karbonat dalam abu TKS ditetapkan dengan uji alkalinitas. Dalam uji ini, 10 g abu TKS direndam dalam 100 mL akuades, dan dikocok selama 1 jam. Ekstrak disaring dan diuji nilai alkalinitasnya dengan menggunakan titrasi.

Preparasi minyak sawit

Minyak sawit dipanaskan sampai temperatur 110 °C untuk menghilangkan air yang masih terkandung di dalamnya.

Dilakukan beberapa analisis terhadap minyak sawit (bahan baku), meliputi analisis viskositas kinematik pada 40 °C (ASTM D 445), kerapatan spesifik pada 60/60 °F (ASTM D 1298), titik tuang (ASTM D 97), titik kabut (ASTM D 2500), titik nyala (ASTM D 93), residu karbon (ASTM D 4530) dan uji nilai kalori dilakukan di Laboratorium Pengujian Produksi Pusdiklat Migas Cepu.

Transesterifikasi minyak sawit

Sebanyak 20 gram abu TKS diekstrak dengan 75 mL metanol ($\text{BM} = 32,04 \text{ g mol}^{-1}$) selama 1 jam dengan temperatur kamar disertai dengan pengadukan. Setelah disaring, ekstrak yang diperoleh dicukupkan volumenya sehingga diperoleh rasio molar metanol/minyak tertentu yang akan digunakan untuk melakukan reaksi transesterifikasi terhadap 250 g minyak goreng (BM minyak sawit = $851,56 \text{ g mol}^{-1}$).

Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga kapasitas 500 mL, yang dilengkapi dengan *constant temperature bath* untuk menjaga temperatur, termometer, *mixer* listrik yang dilengkapi pengatur kecepatan, *impeller* diameter 2 cm dan sistem pendingin. Minyak goreng ditimbang 250 g dan dituang dalam labu leher tiga, kemudian dirangkai dengan sistem pendingin dan *mixer* listrik. *Mixer* dihidupkan dengan kecepatan pengadukan tertentu yang digunakan sebagai kondisi reaksi kemudian

sejumlah tertentu larutan metanol yang telah disamakan temperaturnya dengan temperatur sistem dituang ke dalam labu leher tiga tersebut. Waktu reaksi dicatat sejak metanol dimasukkan ke dalam labu leher tiga.

Setelah reaksi berjalan 30 menit, pengadukan dan pemanasan dihentikan, campuran yang terbentuk dituang dalam corong pemisah, dibiarkan terjadi pemisahan selama 2 jam pada temperatur kamar. Lapisan metil ester yang terbentuk dipisahkan dari lapisan gliserol, selanjutnya didistilasi sampai temperatur 74 °C untuk menghilangkan sisa metanol. Untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol dalam metil ester dilakukan pencucian dengan menggunakan air berulang kali, sampai diperoleh lapisan air yang jernih. Kemudian metil ester dikeringkan dengan penambahan Na₂SO₄ anhidrat.

Prosedur proses transesterifikasi tersebut dilakukan dengan variasi temperatur untuk 30, 40, 50 dan 60 °C (jumlah abu yang digunakan 20 g, rasio molar metanol:minyak 6:1, waktu reaksi setengah jam, dan kecepatan pengadukan 2000 rpm), dan variasi kecepatan pengadukan untuk 1100, 1400, 1700 dan 2000 rpm (jumlah abu yang digunakan 20 g, rasio molar metanol:minyak 6:1, waktu reaksi setengah jam, dan temperatur 60 °C).

Analisis hasil

Komposisi metil ester yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan GC-MS jenis pengionan EI (*Electron Impact*), dengan kondisi operasi sebagai berikut.

Jenis kolom	: Rtx-5MS
Panjang kolom, m	: 30
Diameter kolom, mm	: 0,25
Gas pembawa	: helium,
16,5 kPa	
Rasio split	: 72,9
Temperatur injektor, °C	: 300
Temperatur detektor, °C	: 300
Program temperatur	: laju 10,00 °C/menit sampai dengan 270 °C selama 60 menit

Untuk mengetahui persentase konversi metil ester yang diperoleh digunakan ¹H NMR (60 MHz, solvent CDCl₃). Besarnya konversi metil ester (yang dinyatakan sebagai konsentrasi metil ester) ditentukan dengan rumus berikut.

$$C_{ME}, \% = 100 \times \frac{5 I_{ME}}{5 I_{ME} + 9 I_{TAG}}$$

Keterangan:

- C_{ME} = konversi metil ester, %
- I_{ME} = nilai integrasi puncak metil ester, %, dan
- I_{TAG} = nilai integrasi puncak triasilgliserol, %.

Faktor 5 dan 9 adalah jumlah proton yang terdapat pada gliseril dalam molekul trigliserida mempunyai 5 proton dan tiga molekul metil ester yang dihasilkan dari satu molekul trigliserida mempunyai 9 proton (Knothe, 2000).

Selanjutnya kualitas biodiesel diuji dengan beberapa metode uji ASTM seperti yang tercantum dalam spesifikasi ASTM D 6751 (Lampiran 2). Untuk menetapkan kesesuaian biodiesel yang dihasilkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak solar, dilakukan analisis dengan beberapa metode uji ASTM yang tertera dalam spesifikasi bahan bakar minyak jenis Minyak Solar 48, meliputi viskositas kinematik 40 °C (ASTM D 445), kerapatan spesifik 60/60 °F (ASTM D 1298), titik nyala, (ASTM D 93), titik kabut (ASTM D 2500) dan titik tuang, (ASTM D 97).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Abu TKS

Sampel abu TKS yang digunakan pada penelitian ini dilakukan uji analisis AAS untuk mengetahui persentase kalium di dalam abu. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan kalium sebesar 25,9 % dari berat abu sehingga terdapat 0,259 g kalium dalam setiap gramnya. Uji alkalinitas yang telah dilakukan membuktikan bahwa kalium yang terdapat pada abu TKS sebagian besar berupa kalium karbonat (K₂CO₃). Dengan kandungan kalium karbonat yang cukup tinggi ini maka abu TKS dapat dimanfaatkan sebagai sumber katalis basa dalam pembuatan biodiesel dari minyak sawit menggunakan media metanol.

Analisis Sampel Minyak Sawit

Analisis GC-MS terhadap metil ester hasil transesterifikasi minyak sawit dengan metanol. memperlihatkan adanya 7 sepuluh puncak seperti disajikan dalam Gambar.1. Hasil analisis menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa terdapat 10 macam asam lemak yang terdapat

pada sample minyak sawit yang digunakan pada penelitian ini. Asam lemak yang dominan dalam minyak sawit yang digunakan adalah asam palmitat (39,79%) dan asam oleat (52,21%). Karakter fisik dari sample minyak sawit diukur menggunakan metode standar ASTM menghasilkan data yang disajikan pada Table 1.

Berdasarkan beberapa karakter fisik minyak sawit yang telah dianalisis tersebut dapat disimpulkan bahwa minyak sawit tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar karena sebagian besar karakter yang dimiliki belum memenuhi spesifikasi karakter bahan bakar diesel yang telah ditentukan oleh Dirjen Migas. Untuk itu pada penelitian ini telah dilakukan reaksi transesterifikasi yang mengubah trigliserida menjadi senyawa metil ester sehingga minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar diesel.

Transesterifikasi Minyak Sawit

Prinsip reaksi transesterifikasi seperti pada gambar 2. pada penelitian ini difokuskan pada variasi temperature (30, 40, 50, dan 60 °C) dan kecepatan pengadukan (1100, 1400, 1700 dan 2000 rpm)

Pengaruh Temperatur Transesterifikasi terhadap Produk Biodiesel

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses transesterifikasi menyebabkan peningkatan konversi biodiesel yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis karakter fisik biodiesel dengan variasi temperatur menunjukkan bahwa dengan peningkatan temperatur maka karakter biodiesel cenderung semakin memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Transesterifikasi terhadap Produk Biodiesel

Gambar tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi menyebabkan peningkatan konversi biodiesel yang dihasilkan. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap karakter fisik biodiesel dilakukan dengan metode ASTM. Data disajikan pada tabel 3

Hasil analisis dengan metode ASTM menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi menghasilkan karakter fisik biodiesel yang lebih baik dan cenderung semakin

memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel yang telah ditentukan.

KESIMPULAN

Kandungan kalium karbonat di dalam abu TKS relatif tinggi yaitu sebesar 25,92 % dan berdasarkan sifat basa tersebut maka abu TKS dapat dijadikan sebagai sumber katalis basa pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit. Peningkatan temperatur dan kecepatan pengadukan yang digunakan pada proses transesterifikasi menyebabkan peningkatan persentase konversi biodiesel yang dihasilkan dengan karakter fisik yang cenderung semakin memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel yang ditentukan.

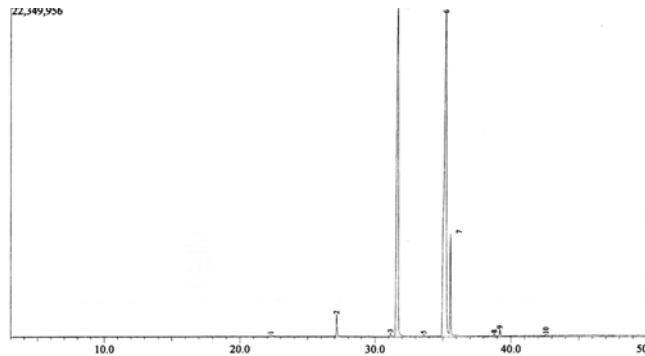
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, *Managemen Energi dan Krisis Listrik Nasional*, Harian Kompas, 8 Oktober 2007
- ASTM, 2006^a, *Annual Book of ASTM Standards*, 5, 05.01, ASTM International, West Conshohocken.
- ASTM, 2006^b, *Annual Book of ASTM Standards*, 5, 05.04, ASTM International, West Conshohocken.
- Darnoko, D., dan Cheryan, M., 2000, Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77, 19574, 1263-1267.
- Hardjono, A., 2000, *Teknologi Minyak Bumi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Knothe, G., 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with Correlation to ¹H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77, 9483, 489-493
- Kittikun, A.H., Prasertsan, P., Srisuwan, G., dan Krause, A., 2000, *Environmental Management for Palm Oil Mill*, AEON Found., Japan.
- Onyegbado, C. O., Iyagba, E. T., Ofor, O. J., 2002, Solid Soap Production using Plantain Peel Ash as Source of Alkali, *J. Appl. Sci. & Environ. Manage.*, 6, 1, 73-77
- Salétes, S., Caliman, J. P., dan Raham, D., 2004, Study of Mineral Nutrient Losses from Oil Palm Empty Fruit Bunches During Temporary Storage, *J. Oil Palm Res.*, 16, 1, 11-12

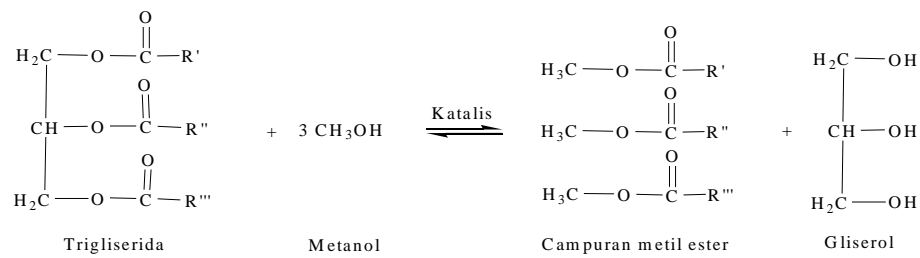
Soerawidjaja, T. H., 2006, *Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*, Makalah Seminar Nasional

Srivastava, A. dan Prasad, R., 2000, Triglycerides-based diesel fuels, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 4, 111-133

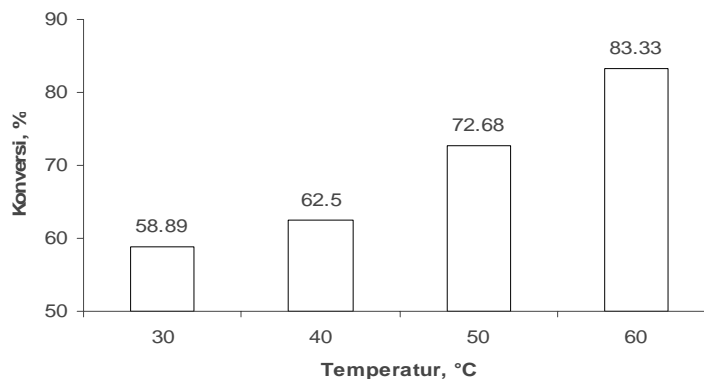
Yoeswono, Tahir, I., dan Triyono, 2007, *The Use of Ash of Palm Empty Fruit Bunches as a source of Base Catalyst for Synthesis of Biodiesel from Palm Kernel Oil*, Proc. Of the 1st International Conference on Chemical Sciences, Yogyakarta



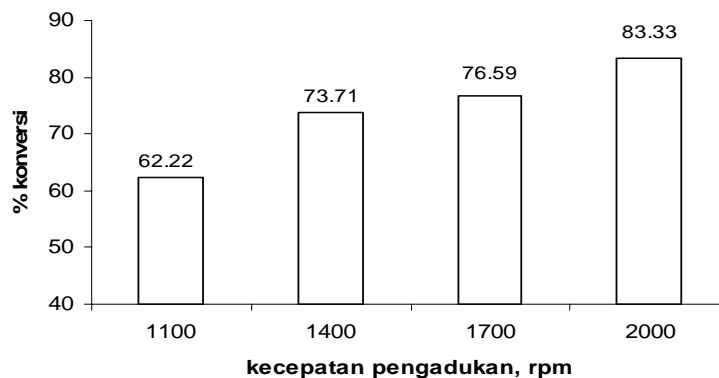
Gambar 1 Kromatogram metil ester hasil transesterifikasi minyak sawit dalam media methanol



Gambar 2. Prinsip reaksi transesterifikasi



Gambar 3 Hubungan antara persentase konversi biodiesel dengan temperatur transesterifikasi



Gambar 4 Hubungan antara persentase konversi biodiesel dengan kecepatan pengadukan transesterifikasi

Tabel 1 Beberapa sifat fisik bahan baku minyak sawit

Karakteristik fisik	Minyak sawit	Metode ASTM
Viskositas (pada temperatur 40 °C), mm ² /s	40,6904	D 445
Kerapatan spesifik 60/60 °F	0,9149	D 1298
Titik nyala, °C	270	D 93
Titik tuang, °C	21	D 97
Titik kabut °C	26	D 2500

Tabel 2 Pengaruh temperatur transesterifikasi terhadap beberapa sifat fisik biodiesel

Sifat	Metode ASTM	MG	Temperatur			
			30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
Viskositas kinematik, 40°C, mm ² s ⁻¹	D 445	40,690	12,47	12,01	11,57	7,19
Kerapatan spesifik 60/60 °F	D 1298	0,9149	0,9002	0,8988	0,8972	0,8910
Titik nyala, °C	D 93	270	136	168	176	159
Titik kabut, °C	D 2500	26	24	24	24	24
Titik tuang, °C	D 97	21	9	12	15	12

Tabel 3 Pengaruh kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi terhadap beberapa sifat fisik biodiesel

Sifat	Metode ASTM	MG	Kecepatan Pengadukan			
			1100 rpm	1400 rpm	1700 rpm	2000 rpm
Viskositas kinematik, 40°C, mm ² s ⁻¹	D 445	40,690	13,69	13,72	8,97	7,19
Kerapatan spesifik 60/60 °F	D 1298	0,9149	0,9004	0,9002	0,8917	0,8910
Titik nyala, °C	D 93	270	131	136	141	159
Titik kabut, °C	D 2500	26	24	24	24	24
Titik tuang, °C	D 97	21	15	15	12	12