

EFFECT OF TEMPERATURE AND SPEED OF STIRRER TO BIODIESEL CONVERSION FROM COCONUT OIL WITH THE USE OF PALM EMPTY FRUIT BUNCHES AS A HETEROGENEOUS CATALYST

Pengaruh Temperatur dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Konversi Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit sebagai Katalis Basa

Luthfi Pratama¹, Yoeswono², Triyono¹, and Iqmal Tahir^{1*}

¹ Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta 55281

² Centre of Education and Training of Oil and Gas, Cepu, Jl. Sorogo No. 1, Cepu, Jawa Tengah

Received January 3, 2009; Accepted March 11, 2009

ABSTRACT

Biodiesel synthesis by transesterification reaction of coconut oil with methanol by using ash of palm empty fruit bunches (EFB) as base catalyst has been conducted. Sample of ash was prepared through heating, screening, reashing, and finally determining of potassium content. Sample of coconut oil was analyzed by GC-MS. A certain amount of ash was extracted in methanol with mixing for about 1 h at room temperature and a result was used for reaction of transesterification. The studied variables were effect of temperature and speed of stirrer. The composition of the methyl esters (biodiesel) was analyzed using GC-MS and ¹H NMR, whereas characters of biodiesel were analyzed using ASTM methods. The results showed that potassium content in ash of EFB could be extracted by methanol and it could be used as base catalyst in the biodiesel synthesis. The value increasing of both variables enhanced the biodiesel conversion. The properties of biodiesel were relatively conformed to specification of biodiesel.

Keywords: *biodiesel, coconut oil, base catalyst, temperature, stirring*

PENDAHULUAN

Isu penipisan cadangan minyak bumi belakangan ini semakin terasa dan mengakibatkan terjadinya krisis energi. Minyak bumi adalah sumber energi utama yang banyak digunakan di berbagai negara yang pemanfaatannya didominasi baik dalam industri maupun masyarakat. Ketergantungan dunia terhadap minyak bumi mengakibatkan eksploitasi besar-besaran yang berujung pada penipisan sumber minyak bumi dan peningkatan harga minyak dunia yang terjadi secara tajam. Peningkatan harga minyak tersebut secara tidak langsung berdampak pada krisis ekonomi yang terjadi di berbagai negara saat ini. Selain itu, isu lingkungan juga ikut menyertai penggunaan energi minyak bumi yang secara berlebihan. Industrialisasi yang terjadi berdampak pada penurunan kualitas lingkungan akibat polusi. Pemanasan global akibat emisi gas-gas rumah kaca merupakan salah satu isu yang saat ini banyak mendapat perhatian. Protokol Kyoto yang telah diratifikasi oleh berbagai negara berkomitmen untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca yang berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrous oksida (N₂O), hidrofluorokarbon (HFC) (misal: 1,1,1,2-tetrafluoroetana (CH₂FCF₃)), perfluorokarbon (PFC)

(misal: karbon tetrafluorida (CF₄) dan heksafluoroetana (C₂F₆)) dan sulfur heksafluorida (SF₆) [1].

Kedua faktor utama tersebut mendorong berbagai usaha untuk menciptakan sumber energi alternatif yang dapat mengganti atau paling tidak mengurangi penggunaan minyak bumi. Energi alternatif yang dibutuhkan adalah bahan bakar yang dapat terbarukan dan ramah lingkungan atau bahan bakar bersih (*clean fuels*). Konsep bahan bakar bersih antara lain meliputi: pengurangan kadar belerang, penambahan senyawa-senyawa oksigenat, pengurangan senyawa aromatik, dan peningkatan angka cetana atau oktana [2]. Tahun 2006 menjadi awal kebangkitan energi di Indonesia karena Presiden RI telah mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dan Instruksi Presiden Nomor 1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian tentang bahan bakar alternatif telah banyak dilakukan. Biodiesel merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan pilihan. Biodiesel adalah minyak diesel alternatif yang secara umum didefinisikan sebagai ester monoalkil dari minyak tanaman dan lemak hewan. Minyak yang berasal dari tumbuhan dan lemak hewan serta

* Corresponding author. Tel/Fax : +62-274-545188
Email address : iqmal@ugm.ac.id

turunannya mempunyai kemungkinan sebagai pengganti bahan bakar diesel [3]. Sintesis biodiesel telah banyak dilakukan dengan memakai berbagai macam minyak nabati, misalnya di Amerika Serikat digunakan minyak kedelai sebagai bahan baku, di Eropa menggunakan *rapeseed oil*, dan di negara-negara tropis menggunakan minyak kelapa dan minyak sawit [4]. Keistimewaan biodiesel berbahan baku minyak nabati yaitu dapat diperbarui (*renewable*), nontoksik, dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*). Selain itu juga akan meningkatkan kualitas udara lokal dengan mereduksi emisi gas berbahaya.

Biodiesel pada umumnya disintesis melalui transesterifikasi dengan alkohol ringan menggunakan katalis basa. Kajian tentang biodiesel telah banyak dipublikasikan tetapi perkembangan penggunaannya secara komersial tidak secepat perkembangan teknologinya. Faktor penyebab utama adalah biaya produksi biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar petrodiesel. Untuk menekan biaya produksi dalam pembuatan biodiesel telah dilakukan berbagai cara, salah satunya adalah pemanfaatan katalis basa alternatif yang lebih ekonomis.

Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia setelah Malaysia. Pengolahan sawit selain menghasilkan CPO (*crude palm oil*) juga menghasilkan produk-produk samping, 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*), 55–60 kg biji (*kernel*) dan 160–200 kg minyak mentah (*crude oil*). Pemanfaatan produk samping dari industri minyak sawit salah satunya adalah penggunaan TKS 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%) [5], sehingga abu TKS ini sering digunakan sebagai pengganti pupuk. Bila abu ini dilarutkan dalam air akan diperoleh larutan alkalis, yang dapat dimanfaatkan dalam proses *pulping* pada pembuatan kertas [6].

Sifat alkali yang tinggi ini membuat abu TKS sangat dimungkinkan pemanfaatannya sebagai katalis basa pada proses transesterifikasi biodiesel. Penelitian yang mengaplikasikan pemanfaatan abu TKS sebagai katalis basa untuk pembuatan biodiesel dari minyak biji sawit melalui reaksi transesterifikasi dalam media metanol telah dilakukan oleh Yoeswono *et al.* [7]. Penelitian yang lain dilakukan oleh Sibarani menggunakan bahan baku minyak kelapa [8]. Pada kedua penelitian tersebut dilakukan kajian tentang pengaruh konsentrasi katalis dan rasio molar minyak:metanol terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan dan disebutkan juga bahwa preparasi abu

TKS sebagai sumber basa belum maksimal. Selain konsentrasi katalis dan rasio molar minyak:metanol, faktor-faktor lain yang mempengaruhi konversi biodiesel adalah keberadaan air dan asam lemak bebas, waktu reaksi, temperatur reaksi [9] dan kecepatan pengadukan [10]. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengetahui secara eksperimental pengaruh faktor-faktor yang lain tersebut terhadap konversi biodiesel. Dalam penelitian ini penulis mengkaji pengaruh temperatur reaksi dan kecepatan pengadukan terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan menggunakan bahan baku minyak kelapa dan preparasi abu TKS berbeda dari penelitian sebelumnya yang diharapkan lebih dapat memaksimalkan potensi abu TKS sebagai sumber katalis basa pada proses transesterifikasi biodiesel.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: minyak kelapa yang diperoleh dari pengrajin minyak kelapa di Jalan Godean Yogyakarta, abu tandan kosong sawit (TKS) yang berasal dari pabrik minyak kelapa sawit di Jambi, metanol teknis (Brataco Chemika), bahan kimia dengan kualitas p.a dari Merck terdiri atas: cesium nitrat (CsNO_3), asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), dan natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat. Abu TKS diperoleh dari limbah hasil pembakaran TKS boiler pabrik minyak sawit di Kabupaten Merangin, Jambi.

Prosedur Kerja

Preparasi sampel abu tandan kosong sawit dan minyak kelapa

Abu TKS dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 110 °C selama dua jam untuk menghilangkan air kemudian disaring dengan penyaring 100 mesh. Selanjutnya abu diabukan kembali (*reashing*) sampai temperatur 700 °C untuk menghilangkan sisa-sisa karbon.

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 ditambah 5 mL larutan cesium 10.000 ppm, dicukupkan sampai 100 mL dalam labu takar dengan akuades. Larutan standar kalium dibuat dengan konsentrasi 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 alat 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 metode titrasi asidimetri.

Preparasi minyak kelapa dilakukan untuk persiapan bahan sebelum proses transesterifikasi dan untuk mengetahui karakter bahan sebelum perlakuan. Air yang mungkin terkandung dalam minyak kelapa dihilangkan dengan pemanasan sampai temperatur 100 °C, kemudian minyak didinginkan. Sebelum dilakukan transesterifikasi, dilakukan beberapa analisis terhadap minyak kelapa, 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 untuk mengetahui sifat mula-mula bahan baku.

Transesterifikasi minyak kelapa

Sejumlah 20 g abu TKS diaduk dalam 75 mL metanol (BM = 32,04 g mol⁻¹) selama 1 jam pada temperatur kamar. Setelah disaring, ekstrak yang diperoleh dicukupkan volumenya sehingga diperoleh rasio molar metanol:minyak 6:1 dengan jumlah minyak yang digunakan sebanyak 250 g (diasumsikan BM minyak kelapa = 674,51 g mol⁻¹).

Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga kapasitas 500 mL, yang dilengkapi dengan *constant temperature bath* menggunakan penangas air yang mampu menjaga temperatur dalam rentang 0,2 °C, termometer, *mixer* listrik yang dilengkapi pengatur kecepatan, *impeller* diameter 2 cm dan sistem pendingin. Minyak kelapa ditimbang 250 g dan dituang ke dalam labu leher tiga kemudian temperatur sistem diatur pada titik tertentu, sistem didiamkan setengah jam untuk memastikan temperatur sama dengan temperatur pada *constant temperature bath*, *mixer* dihidupkan dengan kecepatan pengadukan tertentu, kemudian larutan metanol hasil ekstrak abu yang telah disesuaikan temperaturnya dengan temperatur sistem dituang ke dalam labu leher tiga. Waktu reaksi dicatat sejak pencampuran pertama kali.

Setelah reaksi berjalan setengah jam, pengadukan dan pemanasan dihentikan, campuran yang terbentuk dituang dalam corong pemisah, dibiarkan terjadi pemisahan pada temperatur kamar sampai dua lapisan campuran benar-benar terpisah. 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 diulangi 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*). Untuk mengetahui persentase konversi metil ester yang diperoleh digunakan ¹H NMR (60 MHz, solvent CDCl₃). Nilai konversi metil ester (yang dinyatakan sebagai konsentrasi metil ester) ditentukan dengan persamaan berikut [11]:

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

Keterangan:

C_{ME} = konversi metil ester, %

I_{ME} = nilai integrasi puncak metoksi pada metil ester, %

I_{TG} = nilai integrasi puncak gliseril pada trigliserida, %.

Selanjutnya kualitas biodiesel diuji dengan beberapa metode uji ASTM seperti yang tercantum dalam spesifikasi ASTM D 6751. 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 [12], 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), titik tuang, (ASTM D 97), residu karbon (ASTM D 4530) dan uji nilai kalori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis komposisi minyak kelapa

Komposisi asam lemak minyak kelapa diketahui dengan menganalisis metil ester hasil transesterifikasi minyak kelapa menggunakan kromatografi gas-spektroskopi massa (*gas chromatography - mass spectroscopy* = GC-MS). Analisis ini merupakan analisis kualitatif dan kuantitatif yang bisa digunakan untuk mengetahui jenis kandungan asam lemak dalam

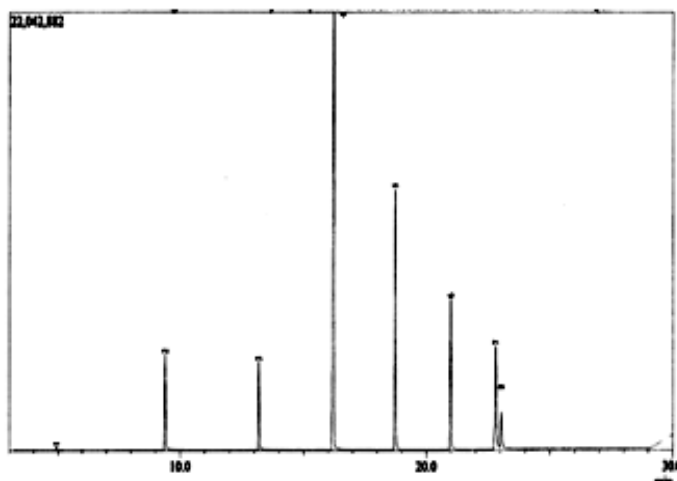
Tabel 1. Hasil analisis GC-MS metil ester minyak kelapa

No. Puncak	Waktu retensi (menit)	(%)	Nama senyawa	Rumus molekul
2	9,3	6,89	Metil kaprilat	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOCH ₃
3	13,1	6,24	Metil kaprat	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOCH ₃
4	16,2	41,46	Metil laurat	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOCH ₃
5	18,7	19,85	Metil miristat	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOCH ₃
6	20,9	11,25	Metil palmitat	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOCH ₃

Tabel 2. Hasil analisis ASTM minyak kelapa dibandingkan dengan spesifikasi minyak solar 48

Karakteristik fisik	Minyak kelapa	Batasan ^{*)}		Metode ASTM ^{*)}
		min	maks	
Viskositas (pada suhu 40 °C), mm ² /s	27,3747	2,0	5,0	D 445-97
Kerapatan spesifik 60/60 °F	0,9259	0,815	0,870	D 1298 atau 4052-96
Titik nyala, °C	270	60	-	D 93-99c
Titik tuang, °C	20	-	18	D 97
Residu karbon, % massa sampel	0,169	-	0,1	D 4530-93

^{*)} Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor: 3675 K/24/DJM/2006 Tanggal: 17 Maret 2006

**Gambar 1.** Kromatogram metil ester minyak kelapa

minyak kelapa beserta kuantitasnya. Metil ester minyak kelapa yang telah dianalisis dengan GC menunjukkan delapan puncak dominan seperti disajikan pada Gambar 1.

Identifikasi senyawa-senyawa utama yang terkandung dalam metil ester dilakukan dengan menganalisis puncak-puncak yang memiliki persentase tinggi menggunakan MS, hasil analisis ini disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 1 diketahui bahwa komponen terbesar dari minyak kelapa adalah metil laurat (41,46%). Secara umum komposisi kimia minyak kelapa yang dianalisis mirip dengan hasil penelitian Sibarani [8].

Analisis karakter minyak kelapa

Minyak kelapa yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini dianalisis dengan metode ASTM agar dapat dibandingkan beberapa sifat fisiknya dengan bentuk metil ester yang dihasilkan setelah proses transesterifikasi. Hasil analisis sifat fisik minyak kelapa tersebut juga dibandingkan kesesuaiannya dengan spesifikasi minyak solar reguler. Beberapa karakteristik minyak kelapa disertai spesifikasi minyak solar yang dikeluarkan Ditjen Migas pada Tahun 2006 disajikan pada Tabel 2. Data hasil analisis menunjukkan minyak kelapa seperti minyak-minyak nabati lainnya belum memiliki sifat-sifat fisik yang memenuhi untuk digunakan sebagai pengganti solar secara langsung. Penggunaannya sebagai bahan bakar akan menimbulkan kerugian-kerugian yang disebabkan karakter-karakter fisik minyak kelapa tersebut.

Perbedaan karakter fisik yang paling menonjol antara minyak kelapa dengan solar adalah sifat viskositasnya. Walaupun jika dibandingkan dengan jenis minyak nabati lain, minyak kelapa memiliki nilai viskositas yang lebih rendah, tetapi dibanding solar terbukti viskositas minyak kelapa masih terlalu tinggi yaitu 27,37 mm² s⁻¹, sedangkan batas yang diperbolehkan antara 2,0-5,0 mm² s⁻¹. Viskositas yang terlalu tinggi ini dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar jika diaplikasikan dalam mesin dan mempersulit pengkabutan sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna. Viskositas minyak kelapa yang tinggi disebabkan oleh massa dan struktur

molekul dari trigliserida yang memiliki ukuran molekul relatif besar sehingga mengakibatkan kerapatan molekul juga semakin tinggi. Kerapatan molekul yang tinggi mengakibatkan viskositasnya juga semakin tinggi, sehingga minyak kelapa belum dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar pengganti solar.

Kerapatan spesifik minyak kelapa juga masih lebih besar dari batas maksimal kerapatan minyak solar yang ditetapkan pemerintah. Hal ini berarti minyak kelapa masih terlalu berat untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar yang akan berpengaruh pada proses dalam mesin.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa titik nyala minyak kelapa yang menunjukkan volatilitas relatif berada di atas batas minimal untuk spesifikasi bahan bakar solar, artinya minyak kelapa memiliki kemampuan penguapan yang rendah. Untuk titik tuang minyak kelapa berada sedikit di atas batas maksimalnya. Hal ini dapat menjadi kendala yang menyebabkan minyak kelapa tidak dapat mengalir pada suhu rendah karena titik tuang adalah temperatur terendah bahan yang masih dapat mengalir pada kondisi tertentu. Dengan temperatur yang semakin rendah, semakin banyak terbentuk padatan. Titik tuang yang tinggi diakibatkan kandungan asam lemak bebas dan asam lemak jenuh yang masih terdapat pada minyak kelapa yang dapat mempermudah minyak kelapa membeku pada temperatur rendah.

Sifat-sifat fisik minyak kelapa yang masih belum memenuhi spesifikasi tersebut membuat minyak kelapa tidak dapat diaplikasikan secara langsung sebagai pengganti bahan bakar minyak solar. Untuk itu perlu dilakukan proses lebih lanjut untuk mengubah molekul trigliserida pada minyak kelapa menjadi senyawa metil ester melalui reaksi transesterifikasi sehingga diharapkan akan memberi sifat fisik yang sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

Analisis kadar kalium abu TKS

Hasil penelitian tentang pemanfaatan abu TKS sebagai katalis basa pada proses transesterifikasi pembuatan biodiesel sebelumnya menyebutkan bahwa basa dalam abu TKS berada dalam bentuk K_2CO_3 . Oleh karena itu dilakukan analisis untuk mengetahui kandungan kalium dalam abu TKS yang digunakan pada penelitian ini. Kandungan kalium dalam abu TKS dari hasil analisis menggunakan AAS diketahui sebesar 25,92%. Kadar kalium tersebut cukup besar dan setelah dicobakan dalam reaksi transesterifikasi minyak kelapa terbukti dapat berfungsi sebagai sumber katalis basa. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis kandungan unsur lain yang dimungkinkan terdapat dalam abu karena dari hasil penelitian Yoeswono [7], unsur kalium merupakan logam yang paling dominan dalam abu TKS.

Tabel 3. Komposisi kimia abu TKS [7]

Parameter	Hasil
K (% berat abu)	29,8
Si (% berat abu)	14,2
Ca (% berat abu)	6,7
Mg (% berat abu)	4,3
Na (mg kg ⁻¹ berat abu)	23725
Fe (mg kg ⁻¹ berat abu)	3096
Mn (mg kg ⁻¹ berat abu)	1728
Cu (mg kg ⁻¹ berat abu)	230

Tabel 4. Hasil uji alkalinitas abu TKS

Alkalinitas	Konsentrasi dalam abu (g/kg)
OH ⁻ (hidroksida)	-
HCO ₃ ⁻ (bikarbonat)	43,52
CO ₃ ⁼ (karbonat)	373,96

Komposisi kimia abu TKS yang digunakan oleh Yoeswono [7] disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan kadar kalium dalam abu TKS yang digunakan dalam penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dimungkinkan karena kondisi abu yang berbeda karena kondisi penyimpanan TKS sangat mempengaruhi kadar komponen-komponen penyusunnya. TKS yang dibiarkan terkena hujan, pada hari keempat terjadi penurunan kadar kalium sebesar 73% dari kadar awal [13].

Analisis sifat basa abu TKS

Abu TKS yang digunakan pada penelitian ini dianalisis dengan uji alkalinitas untuk mengetahui kandungan basa di dalamnya. Dari hasil uji alkalinitas diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.

Pada penelitian yang dilakukan Sibarani [8], disarankan untuk dilakukan pengabuan kembali (*reashing*) terhadap abu TKS yang akan digunakan untuk katalis reaksi transesterifikasi. Oleh karena itu pada penelitian ini abu TKS dipanaskan sampai temperatur 700 °C dan terbukti konsentrasi karbonat relatif meningkat yang pada penelitian sebelumnya hanya sebesar 196,63 g/kg abu [8].

Pada uji alkalinitas dengan metode analisis volumetri, keberadaan anion-anion terutama OH⁻, HCO₃⁻, dan CO₃⁼ dapat dinetralkan dengan larutan asam. Dari hasil titrasi dapat ditentukan kadar anion-anion tersebut. Tabel 4 menunjukkan kalium yang terdapat pada abu TKS berada dalam bentuk senyawa kalium karbonat (K₂CO₃) dan sebagian kecil kalium bikarbonat (KHCO₃). Pada penelitian ini tidak dilakukan

pengujian reaksi transesterifikasi menggunakan katalis K_2CO_3 karena pada penelitian yang dilakukan Yoeswono [7] telah terbukti K_2CO_3 dapat digunakan sebagai katalis reaksi transesterifikasi dengan konversi biodiesel yang dihasilkan sebesar 94%.

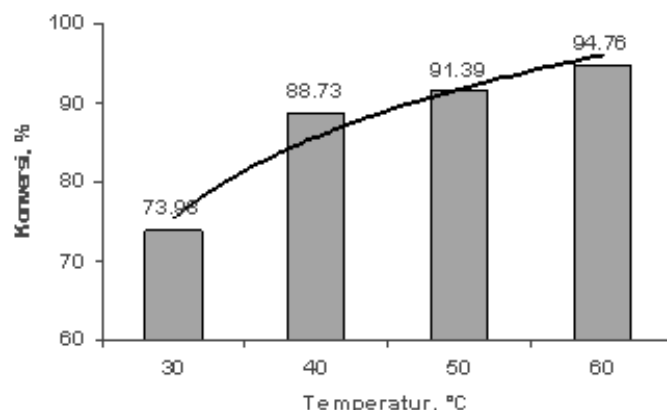
Penentuan persentase konversi biodiesel

Produk biodiesel (metil ester) yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa pada penelitian ini ditentukan persentasenya menggunakan analisis 1H NMR. Trigliserida maupun turunannya memberikan spektra 1H NMR yang khas. Dalam menginterpretasi spektra 1H NMR, puncak yang diperhitungkan adalah puncak pada pergeseran kimia 4,2 ppm (*doublet doublet*), yang merupakan spektra dari proton pada tipe ikatan *glyceridic*, dan 3,7 ppm (*singlet*), yang merupakan spektra proton metil ester. Puncak-puncak tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan konversi biodiesel, karena puncak pada pergeseran kimia 4,2 ppm adalah khas untuk trigliserida yang tidak dimiliki oleh metil ester. Demikian pula puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm adalah puncak khas untuk metil ester yang tidak dimiliki oleh trigliserida. Trigliserida merupakan reaktan dalam reaksi transesterifikasi sedangkan metil ester adalah produknya. Persentase konversi menggambarkan berapa banyak trigliserida yang telah berhasil diubah menjadi metil ester melalui reaksi transesterifikasi. Adanya puncak trigliserida dan metil ester dalam produk biodiesel mengindikasikan reaksi yang terjadi belum sempurna.

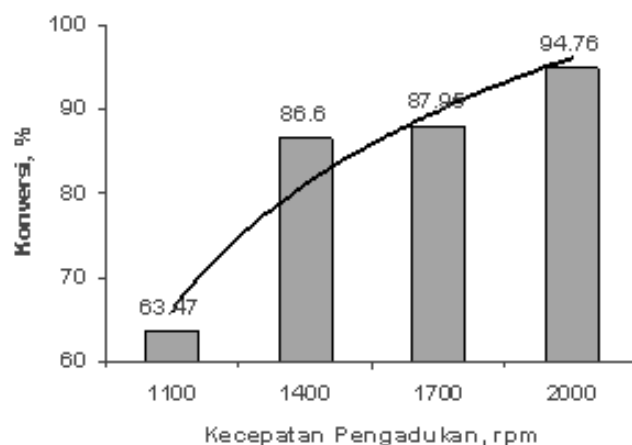
Pengaruh temperatur dan kecepatan pengadukan terhadap konversi biodiesel

Seluruh spektra 1H NMR pada penelitian ini menghasilkan puncak pada pergeseran kimia 4,2 ppm yang mengindikasikan keberadaan trigliserida. Hal ini dapat diartikan reaksi transesterifikasi belum sempurna karena masih ada reaktan yang tersisa. Banyak faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi dan pada penelitian ini difokuskan untuk mengkaji pengaruh temperatur dan kecepatan pengadukan terhadap proses transesterifikasi dari minyak kelapa. Oleh karena itu temperatur dan kecepatan pengadukan dibuat bervariasi pada kondisi reaksi transesterifikasi yang dilakukan dan faktor-faktor lain dijaga agar tetap konstan.

Pada Gambar 2 ditunjukkan hasil persentase konversi biodiesel dari beberapa variasi temperatur. Pada penelitian ini variasi temperatur yang digunakan adalah 30, 40, 50 dan 60 °C. Pengaruh variasi temperatur tersebut dikaji pada berat katalis abu TKS sekitar 20 g (8% berat minyak), rasio molar metanol:mi-



Gambar 2. Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap temperatur



Gambar 3. Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap kecepatan pengadukan

nyak 6:1, kecepatan pengadukan 2000 rpm dan waktu reaksi setengah jam.

Gambar 2 menunjukkan persentase konversi biodiesel semakin besar dengan peningkatan temperatur reaksi. Peningkatan temperatur akan meningkatkan energi kinetik reaktan-reaktan untuk mengatasi energi penghalang (energi aktivasi). Probabilitas molekul reaktan dengan energi sama atau lebih tinggi dari energi aktivasi meningkat seiring peningkatan temperatur, sehingga tumbukan antara molekul trigliserida dengan alkohol menjadi lebih efektif menyebabkan produk lebih cepat terbentuk dalam waktu tertentu. Peningkatan persentase konversi paling signifikan terjadi saat digunakan temperatur 40 °C, setelah itu peningkatan persentase konversi biodiesel cenderung stabil.

Pada Gambar 3 ditunjukkan grafik persentase konversi biodiesel dari beberapa variasi kecepatan pengadukan. Pada penelitian ini variasi kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 1100, 1400, 1700 dan 2000 rpm. Pengaruh variasi kecepatan

pengadukan tersebut dikaji pada berat katalis abu TKS sekitar 20 g (8% berat minyak), rasio molar metanol:minyak 6:1, temperatur 60 °C dan waktu reaksi setengah jam.

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap persentase konversi biodiesel hampir sama dengan pengaruh temperatur disajikan pada Gambar 3. Persentase konversi biodiesel semakin besar dengan peningkatan kecepatan pengadukan. Kenaikkan persentase konversi paling signifikan terjadi pada peningkatan kecepatan pengadukan dari 1100 ke 1400 rpm, setelah itu peningkatannya cenderung stabil. Kecepatan pengadukan sebenarnya berpengaruh besar hanya pada tahap awal reaksi. Reaktan-reaktan yang terlibat dalam transesterifikasi merupakan bahan yang tidak saling campur, sehingga pada awal reaksi reaktan-reaktan membentuk dua fasa. Pada kondisi tersebut transfer massa rendah, yang mengakibatkan laju reaksi menjadi lambat. Saat metil ester sudah terbentuk, maka metil ester tersebut dapat bertindak sebagai pelarut reaktan-reaktan tersebut sehingga terbentuk sistem satu fasa dan reaksi menjadi lebih maksimal.

Analisis karakter biodiesel

Pada penelitian ini semua produk biodiesel baik yang menggunakan variasi temperatur maupun variasi kecepatan pengadukan dianalisis beberapa sifat fisiknya menggunakan metode ASTM dan dibandingkan kesesuaiannya dengan spesifikasi minyak solar dan biodiesel. Parameter-parameter yang dianalisis antara lain: viskositas kinematik menggunakan metode ASTM D 445, kerapatan spesifik menggunakan metode ASTM D 1298, titik nyala menggunakan metode ASTM D 93, titik kabut menggunakan metode ASTM D 2500 dan titik tuang menggunakan metode ASTM D 97. Pada Tabel 5 disajikan data hasil analisis ASTM produk biodiesel dari beberapa variasi temperatur dan Tabel 6 menunjukkan data hasil analisis ASTM produk biodiesel dari beberapa variasi kecepatan pengadukan.

Dari hasil uji terhadap beberapa karakter biodiesel yang dihasilkan, secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase konversi biodiesel yang dihasilkan baik pada variasi temperatur maupun pada variasi kecepatan pengadukan maka sifat fisik biodiesel makin mendekati atau sesuai dengan spesifikasi Minyak Solar 48 dan biodiesel.

Tabel 5. Hasil uji beberapa karakter biodiesel pada variasi temperatur

Parameter	Temperatur, °C				Batasan ^{*)}		Batasan ^{**)}	
	30	40	50	60	min.	maks.	min.	maks.
Viskositas kinematik, 40°C, mm ² s ⁻¹	6,1192	4,2512	4,0893	3,6114	2,0	5,0	1,9	6,0
Kerapatan spesifik 60/60 °F (kg/L)	0,8980	0,8897	0,8883	0,8851	0,815	0,870	-	-
Titik nyala, °C	120	110	118	115	60	-	130	-
Titik kabut, °C	21	24	21	24	-	-	-	-
Titik tuang, °C	3	0	0	-6	-	18	-	-

Tabel 6. Hasil uji beberapa karakter biodiesel pada variasi kecepatan pengadukan

Parameter	Kecepatan pengadukan, rpm				Batasan ^{*)}		Batasan ^{**)}	
	1100	1400	1700	2000	min.	maks.	min.	maks.
Viskositas kinematik, 40°C, mm ² s ⁻¹	6,6749	4,4972	4,1687	3,6114	2,0	5,0	1,9	6,0
Kerapatan spesifik 60/60 °F (kg/L)	0,9006	0,8915	0,8891	0,8851	0,815	0,870	-	-
Titik nyala, °C	117	120	120	115	60	-	130	-
Titik kabut, °C	24	24	24	24	-	-	-	-
Titik tuang, °C	6	3	0	-6	-	18	-	-

^{*)} = Spesifikasi Minyak Solar 48. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No: 3675 K/24/DJM/2006 Tanggal: 17 Maret 2006

^{**)} = Spesifikasi Biodiesel berdasarkan *Annual Book of ASTM Standards*, 2006

KESIMPULAN

Abu TKS memiliki kandungan logam kalium yang cukup tinggi (25,92% massa) yang terbukti secara eksperimental dapat digunakan sebagai katalis basa untuk reaksi transesterifikasi biodiesel dari minyak kelapa. Kadar kalium dalam abu TKS berada dalam bentuk senyawa karbonat (dan sejumlah kecil bikarbonat). Hal ini dibuktikan dengan uji alkalinitas terhadap abu TKS.

Dengan peningkatan temperatur yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi, maka konversi biodiesel yang diperoleh semakin tinggi. Untuk temperatur pada 30, 40, 50, dan 60 °C (faktor-faktor yang lain dijaga konstan) diperoleh persentase konversi biodiesel berturut-turut: 73,98; 88,73; 91,39 dan 94,76%. Seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan dalam reaksi transesterifikasi, maka persentase konversi biodiesel yang diperoleh semakin meningkat. Untuk kecepatan pengadukan pada 1100, 1400, 1700, dan 2000 rpm (faktor-faktor yang lain dijaga konstan) diperoleh persentase konversi biodiesel berturut-turut: 63,47; 86,06; 87,95 dan 94,76%.

DAFTAR PUSTAKA

- Haites, E., 2000, *The Revelance and Potential Impact of Kyoto Protocol Mechanisms for The Canadian Agriculture and Agri-Food Sector*, Economic and Policy Analysis Directorate, Policy Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ontario.
- Sayles, S. and Ohmes, R., 2005, *Hydrocarbon Process.*, 2, 84, 39-43.
- Srivastava, A. and Prasad, R., 2000, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 4, 111-133.
- Knothe, G., Dunn, R.O., and Bagby, M.O., 1997, *Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels, Fuels and Chemicals from Biomass*, *ACS Symposium Series*, V, 666.
- Kittikun, A.H., Prasertsan, P., Srisuwan, G., and Krause, A., 2000, *Environmental Management for Palm Oil Mill*, AEON Found., Japan.
- Darnoko, P., Guritno, A., Sugiharto and Sugesty, S., 1995, *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 75-87.
- Yoeswono, Tahir, I., and 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.
- Sibarani, J., 2006, *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Katalis Basa (K₂CO₃) pada Pembuatan Biodiesel Minyak Kelapa dalam Media Metanol*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Ma, F. and Hanna, M.A., 1999, *Bioresour. Technol.*, 70, 1-15.
- May, C.Y., 2004, *J. Oil Palm Res.*, 16, 2, 1-11.
- Knothe, G., 2005, *¹H-NMR Spectroscopy of Fatty Acids and Their Derivatives-Saturated Fatty Acids and Methyl Esters*, <http://www.lipidlibrary.co.uk>, 2 Mei 2006.
- ASTM, 2006, *Annual Book of ASTM Standards*, 5, 05.01, ASTM International, West Conshohocken.
- Salétes, S., Caliman, J.P., and 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.