

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU TANDAN KOSONG SAWIT
SEBAGAI KATALIS BASA PADA PEMBUATAN BIODIESEL
DARI MINYAK SAWIT**

*(Ash Waste from Empty Palm Fruit Bunches as Base Catalyst
for Biodiesel Synthesis from Palm Oil)*

Yoeswono*, Triyono, dan Iqmal Tahir****

*Pusdiklat Migas, Jl. Sorogo No. 1, Cepu, Jawa Tengah, Indonesia,
E-mail: yoesseoy@yahoo.com

**Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta, Indonesia 55281

Diterima: 8 Maret 2007

Disetujui: 27 April 2007

Abstrak

Pemanfaatan limbah abu tandan kosong sawit (TKS) sebagai sumber katalis basa telah dilakukan untuk aplikasi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak biji sawit. Kadar logam kalium untuk mengetahui kadar basa dalam abu TKS dianalisis dengan AAS dan kadar ion karbonat diuji dengan uji alkalinitas. Komposisi asam lemak dalam bahan minyak biji sawit dianalisis dengan GC-MS. Abu TKS direndam dalam metanol untuk mendapatkan senyawa kalium metoksida yang selanjutnya digunakan untuk transesterifikasi minyak biji sawit. Rasio persentase berat abu terhadap minyak pada reaksi transesterifikasi tersebut divariasikan kemudian persentase konversi biodiesel ditentukan dengan spektrometer ^1H NMR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kalium dalam abu TKS = 29,82 % b/b, dan kadar ion karbonat = 19,63 % b/b, sehingga konversi (%) dimungkinkan kalium tersebut dalam bentuk karbonat. Konversi biodiesel meningkat dengan peningkatan persentase berat abu terhadap minyak. Kondisi optimum dicapai pada persentase berat abu terhadap minyak = 6 % b/b dengan diperoleh konversi biodiesel 69,67 %.

Kata kunci: Limbah abu, tandan kosong sawit, biodiesel, energi terbarukan.

Abstract

The use of ash waste from empty palm fruit bunches (EFB) as a source of base catalyst have been done in biodiesel synthesis from palm kernel oil. The potassium metal content was analyzed using AAS and carbonate ions content was measured by alkalinity test. The fatty acids composition of palm kernel oil were analyzed by GC-MS. The ash was immersed in the methanol to form potassium methoxide, and then used in transesterification of palm kernel oil. Weight of ratio of ash to oil was varied and then the biodiesel conversion was determined by ^1H NMR spectrometer. The results showed that potassium content in the ash was 29.82 wt %, and the carbonate ion content was 19.63 wt %, the potassium might be in carbonate form. The biodiesel conversion increased with increase of weight ratio of ash to oil. The optimum condition was reached at weight ratio of ash to oil = 6 wt % with biodiesel conversion 69.67 %.

Key words: Ash waste, empty palm fruit bunches, biodiesel, renewable energy.

PENDAHULUAN

Industri perkebunan dan olahan terhadap produk kelapa sawit saat ini berkembang cukup pesat. Minyak sawit dan minyak inti sawit merupakan produk utama dari bidang industri ini. Pada prakteknya perkebunan kelapa sawit akan menghasilkan produk samping berupa tandan kosong kelapa sawit (TKS). Produk samping ini merupakan limbah dengan nilai ekonomis yang relatif rendah. Pemanfaatan yang ada adalah berupa penggunaan TKS sebagai bahan bakar untuk industri pengolahan minyak sawit yakni pada boiler dan pembakar lainnya. Hasil dari pembakaran TKS ini juga menghasilkan limbah baru berupa abu TKS. Jumlah abu TKS ini relatif juga cukup besar dan saat ini limbah abu TKS hanya disalurkan ke perkebunan dengan tujuan sebagai pupuk. Abu TKS diketahui memiliki kadar kalium yang tinggi dan hal ini merupakan sumber basa yang potensial. Selain dipergunakan sebagai basa untuk pupuk kalium maka alternatif penggunaan abu TKS lainnya perlu dipertimbangkan. Hal ini akan dapat bermanfaat untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan serta dapat memberi nilai tambah bagi penggunaan jenis limbah padat ini.

Saat ini kebutuhan energi menjadi suatu permasalahan yang cukup serius. Kebutuhan energi yang bersifat terbarukan perlu menjadi pertimbangan sendiri dan dalam beberapa tahun terakhir ini biodiesel menjadi salah satu pilihan energi alternatif. Biodiesel banyak dikaji potensi pemanfaatannya sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel atau dicampurkan ke dalam minyak diesel dalam kaitannya dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan isu lingkungan. Pengembangan penelitian yang telah dilakukan merupakan tahap awal menuju komersialisasi, walaupun berbagai macam aspek teknis dan ekonomis masih memerlukan pengembangan lebih lanjut. Standar ASTM mendefinisikan biodiesel sebagai mono alkil ester asam lemak rantai panjang yang diturunkan dari bahan baku lemak sebagai sumber yang dapat diperbaha-

ru, seperti minyak nabati dan lemak hewani, untuk digunakan dalam mesin bakar kompresi (diesel) (ASTM, 2003b).

Biodiesel, pada umumnya, disintesis melalui transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa (sodium alkoksida, sodium dan kalium hidroksida, atau sodium dan kalium karbonat (Pinto *et al*, 2005)). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi transesterifikasi: air dan asam lemak bebas, rasio molar, jenis dan konsentrasi katalis, waktu reaksi, temperatur reaksi, dan kecepatan pengadukan. Graille (dalam Knothe *et al*, 1997) melaporkan kajian sintesis metil atau etil ester dengan mereaksikan minyak biji sawit dan minyak kelapa dalam media metanol atau etanol dengan katalis abu yang berasal dari limbah kedua minyak tersebut.

Berbagai jenis minyak nabati telah dikaji kesesuaiannya sebagai bahan baku biodiesel. Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar kedua di dunia, maka Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi biodiesel dengan bahan baku minyak sawit. Satu ton tandan buah segar sawit mengandung 230–250 kg tandan kosong sawit (TKS) (Kittikun *et al*, 2000). Penggunaan TKS selama ini adalah sebagai substrat dalam budidaya jamur, bahan bakar boiler, dan dibakar untuk dimanfaatkan abunya. Abu TKS sering digunakan sebagai pengganti pupuk (Saletes *et al*, 2004). Larutan alkalis abu ini juga dimanfaatkan dalam proses pulping pada pembuatan kertas (Darnoko *et al*, 1995)), dan proses pembuatan sabun (Onyegbado *et al*, 2002). Abu TKS mempunyai kadar kalium tinggi (45-50 %) (Kittikun *et al*, 2000). Selama ini, penelitian yang menggunakan abu tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber katalis basa untuk sintesis biodiesel dari minyak biji sawit belum pernah dilaporkan/ dipublikasikan.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pembuatan biodiesel dengan bahan baku abu TKS sebagai sumber katalis basa untuk transesterifikasi dalam media metanol. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui potensi abu TKS dalam pemanfaatannya sebagai sumber katalis basa pada pembuatan biodiesel dari

minyak biji sawit, mempelajari pengaruh rasio berat abu TKS terhadap minyak dalam kaitannya dengan konversi biodiesel.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Abu TKS yang diperoleh dari sisa pembakaran boiler di pabrik minyak kelapa sawit - Palembang, minyak biji sawit, metanol teknis (Bratachem), khemikalia dari Merck terdiri atas: cesium nitrat p.a., kalium klorida p.a., lantanum oksida p.a., asam klorida (37 %) p.a., asam nitrat (65 %) p.a., asam fluorida (40 %) p.a., dan natrium sulfat anhidrat p.a.

Alat Penelitian

Seperangkat alat refluks, stopwatch, timbangan elektrik, AAS (SpectrAA, Varian), alat-alat uji ASTM terdiri atas: ASTM D 1298, ASTM D 445, penyaring mesh 100, mortar dan cawan porselain, oven, GC-MS (Shimadzu QP-5000), spektrometer ^1H NMR (JEOL JNM-MY60).

Prosedur

Abu TKS dipanaskan untuk dihilangkan airnya, digerus dan kemudian disaring dengan penyaring mesh 100. Selanjutnya abu dikeringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Untuk menentukan kadar logam-logam dalam abu TKS, 0,5 g abu dilarutkan dalam 2-3 mL air raja (aquaregia), ditambahkan 3-5 tetes asam fluorida, kemudian diaduk dengan sedikit pemanasan sehingga diperoleh larutan. Larutan dicukupkan volumenya sampai 100 mL dalam labu takar dengan air distilat. Dibuat seri larutan standar untuk logam yang hendak dianalisis. Selanjutnya larutan-larutan yang telah dipersiapkan (larutan standar, larutan contoh dan blangko) dianalisis dengan AAS. Ion karbonat dalam abu TKS dianalisis dengan uji alkalinitas. Dalam uji ini, 10 g abu TKS direndam dalam 100 mL air distilat, dan dikocok selama 1 jam. Ekstrak disaring dan nilai alkalinitas diuji dengan metode titrasi asidimetri. Sebelum dilakukan transesterifikasi

minyak biji sawit dianalisis kadar keasamannya (*total acid number*) menggunakan metode ASTM D. 974 (ASTM, 2003a) dan spektra lingkungan protonnya dianalisis dengan spektrometer ^1H NMR.

Transesterifikasi Minyak Biji Sawit

Transesterifikasi minyak biji sawit dengan ratio berat abu TKS terhadap minyak biji sawit = 2 % b/b (pada rasio molar metanol/minyak = 6:1), 5 g abu TKS direndam dalam 75 mL metanol (BM = $32,04\text{ g. mol}^{-1}$, densitas pada $15\text{ }^\circ\text{C}$ = $0,7907\text{ kg. L}^{-1}$) selama 48 jam pada temperatur kamar. Setelah disaring, ekstrak yang diperoleh dicukupkan beratnya, sehingga diperoleh berat larutan metanol = 69,1 g, yang kemudian digunakan untuk melakukan transesterifikasi terhadap 250 g minyak biji sawit (BM = 704 g. mol^{-1} (Lele, 2005)). Untuk mengetahui jumlah kalium yang dapat terekstraksi maka dilakukan analisis dengan AAS terhadap ekstrak abu yang diperoleh.

Transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga kapasitas 500 mL, yang dilengkapi dengan pemanas listrik, termometer, pengaduk magnet, dan sistem pendingin. Ditimbang 250 g minyak biji sawit dalam labu leher tiga, kemudian dirangkai dengan sistem pendingin. Sejumlah tertentu larutan metanol yang telah disiapkan dituang ke dalam labu leher tiga tersebut, dan pengaduk magnet dihidupkan. Waktu reaksi dicatat sejak pengaduk magnet dihidupkan. Setelah reaksi berjalan 2 jam, pengadukan dihentikan, campuran dituang dalam corong pemisah, dibiarkan terjadi pemisahan selama 2 jam pada suhu kamar. Lapisan metil ester dipisahkan dari lapisan gliserol, selanjutnya sisa metanol dalam lapisan metil ester diuapkan. Sisa katalis dan gliserol dalam metil ester dihilangkan dengan pencucian air berulang kali, sampai diperoleh lapisan air yang jernih. Metil ester dikeringkan dengan penambahan Na_2SO_4 anhidrat.

Prosedur transesterifikasi tersebut dilakukan dengan variasi persentase berat abu terhadap minyak, berturut-turut 2, 4, 6, 8, dan 10 % b/b (pada rasio molar metanol/minyak 6:1), dan

variasi rasio molar metanol/minyak, berturut-turut 3:1, 6:1, 9:1, dan 12:1 (pada persentase berat abu terpilih).

Metode Analisis

Komposisi metil ester dianalisis dengan menggunakan GC-MS jenis pengionan EI (*Electron Impact*) (jenis kolom: CP Sils CB, panjang kolom: 25 m, diameter kolom: 0,25 mm, tekanan gas helium, 12 kPa, rasio split: 49,00, temperatur injektor: 300 °C, temperatur detektor: 300 °C, program temperatur: laju 10 °C/menit sampai dengan 280 °C selama 60 menit. Persentase konversi metil ester dianalisis dengan spektrometer ¹H NMR (60 MHz, solvent CDCl₃). Konversi metil ester (yang dinyatakan sebagai konsentrasi metil ester) ditentukan dengan persamaan (1). Persentase sisa trigliserida (TG) dalam produk ditentukan dengan persamaan (2). Sisa TG dalam satuan persentase berat ditentukan dengan persamaan (3).

Densitas (kg. L⁻¹) minyak biji sawit = 0,9180 dan biodiesel yang dihasilkan = 0,880. Berat molekul minyak biji sawit (TG) = 704 g. mol⁻¹ (Lele, 2005), dengan demikian berat molekul tiga metil ester yang dihasilkan = 708 g. mol⁻¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebasaan Abu TKS

Potensi abu TKS sebagai sumber katalis basa dapat diketahui apabila diketahui data analisis mengenai kadar logam khususnya kalium dan data alkalinitas pada abu TKS. Dari hasil pengujian kadar logam total dan alkalinitas dalam abu TKS, seperti disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 tampak bahwa kadar kalium dalam abu TKS cukup tinggi (29,82 % b/b). Hasil uji alkalinitas menunjukkan bahwa kadar ion karbonat di dalam abu TKS relatif tinggi (19,63 % b/b). Dengan demikian kalium dalam abu TKS dimungkinkan berada dalam bentuk kalium karbonat.

Selanjutnya untuk mengetahui efektivitas basa kalium yang bermanfaat untuk proses sintesis biodiesel maka harus diketahui terlebih dahulu tingkat ekstraksi kalium yang dapat digunakan pada sistem pereaksi. Hal ini untuk menjawab dugaan bahwa dapat terjadi kemungkinan kalium tidak dapat diekstraksi dari abu TKS sehingga basa kalium yang diharapkan berperan pada reaksi tidak akan terjadi.

Dalam penelitian ini telah direndam abu TKS berturut-turut 5, 10, 15, 20, dan 25 g dalam 75 mL metanol teknis selama 48 jam pada temperatur kamar. Ekstrak hasil perendaman dianalisis kadar kaliumnya dengan AAS dan diperoleh hasil seperti dalam Tabel 2. Tampak bahwa jumlah kalium yang terekstrak meningkat dengan peningkatan jumlah abu yang direndam pada kondisi tersebut. Jumlah kalium yang terekstraksi semakin meningkat dengan peningkatan jumlah abu (dalam volume metanol yang tetap). Bila dibandingkan dengan konsentrasi kalium dalam abu TKS awal (29,82 % b/b) persentase kalium yang dapat terekstraksi semakin turun (pada kondisi percobaan).

$$C_{ME}, \% = 100 \times \frac{5 I_{ME}}{5 I_{ME} + 9 I_{TG}} \quad (1)$$

$$C_{TG}, \% = 100 - C_{ME} \quad (2)$$

$$TG, \% \text{ b/b} = \quad (3)$$

$$\frac{C_{TG} \times MW_{TG} \times d_{TG}}{(C_{TG} \times MW_{TG} \times d_{TG}) + (C_{ME} \times MW_{ME} \times d_{ME})}$$

Keterangan:

- CME = konversi metil ester, %,
- IME = nilai integrasi puncak metil ester, %,
- ITG = nilai integrasi puncak trigliserida, %.
- CTG = trigliserida yang tidak terkonversi, %,
- MWTG = berat molekul trigliserida, g.mol⁻¹,
- MWME = berat molekul metil ester, g. mol⁻¹,
- dTG = densitas trigliserida, kg. m⁻³, dan
- dME = densitas metil ester, kg. m⁻³.

Tabel 1. Komposisi kimia abu TKS

Parameter	Hasil analisis
K (% b/b)	29,82
Si (% b/b)	14,24
Ca (% b/b)	6,72
Mg (% b/b)	4,34
Na (% b/b)	2,37
Fe (% b/b)	0,31
Mn (% b/b)	0,17
Cu (% b/b)	0,02
Alkalinitas,	
- CO ₃ ²⁻ (% b/b)	19,63
- HCO ₃ ⁻ (% b/b)	3,21

Tabel 2. Kadar kalium dalam ekstrak abu TKS dengan metanol teknis

Kode	Berat abu TKS, g	Kalium ter-ekstraksi, g
5	5,0075	0,2381
10	10,0179	0,3771
15	15,0180	0,5100
20	20,0234	0,5432
25	25,0120	0,6020

Tabel 3. Komposisi asam lemak minyak biji sawit

Nama trivial (sistematik); akronim	Asam lemak dalam minyak biji sawit, %	
	Bahan baku	Kurata <i>et al.</i> (2005)
Asam kaprat (Asam dekanat); C10:0	6,34	11,7
Asam laurat (Asam dodekanat); C12:0	72,11	69,3
Asam miristat (Asam tetradekanat); C14:0	12,16	9,7
Asam palmitat (Asam heksadekanat); C16:0	1,35	2,3
Asam stearat (Asam oktadekanat); C18:0	-	0,3
Asam oleat (9Z-Asam oktadekanat); 18:1	-	2,2
Asam linoleat (9Z,12Z-Asam oktadekanat); C18:2	-	0,4
Asam kaprilat (asam oktanat); C8:0	8,03	4,1

Hal ini dimungkinkan terjadi karena dengan semakin banyak jumlah abu, pada jumlah metanol tetap, maka sebagian kalium yang sudah terekstrak akan terjebak dalam abu, atau sistem telah mendekati kejenuhan. Kalium karbonat mempunyai kelarutan dalam metanol sebesar 16.500 ppm (Anonim, 2006).

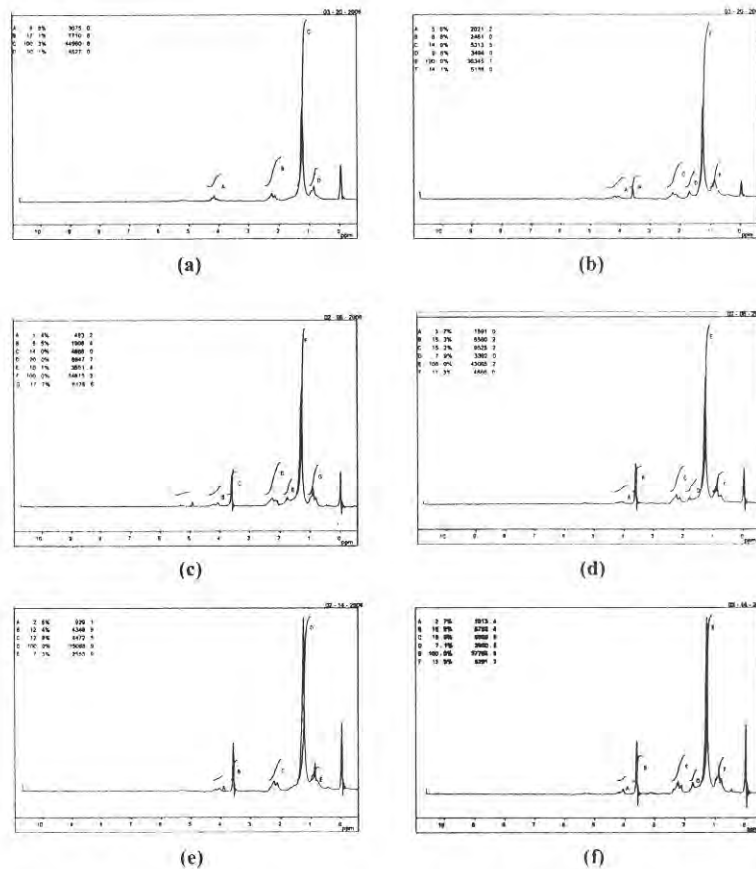
Analisis Bahan Baku

Komposisi kimia minyak biji sawit ditentukan dengan analisis metil ester hasil transesterifikasi minyak biji sawit dengan metanol menggunakan GC-MS. Fragmentasi yang khas untuk metil ester adalah ion [M-31]⁺ yang mengindikasikan putusnya gugus metoksi dan hal ini dapat digunakan sebagai konfirmasi bahwa senyawa berupa metil ester.

Ion $[M-43]^+$ mengindikasikan putusnya 3 atom karbon, yaitu karbon nomor 2-4. Kemudian kelimpahan dengan $m/z = 74$, merupakan ion hasil dari penataan ulang Mc. Lafferty. Ion seri homolog pada $m/z = 87, 101, 115, 129, 143, 157, 199$, dan seterusnya merupakan ion $[CH_3OCO(CH_2)_n]^+$ yang dapat digunakan sebagai indikasi bahwa dalam senyawa metil ester ini tidak terdapat gugus lain. Komposisi minyak biji sawit hasil analisis dengan GC-MS seperti disajikan pada Tabel 3.

Angka asam total dari minyak biji sawit diuji dengan metode ASTM D. 974 dan diperoleh data angka asam total = $0,43 \text{ mg KOH g}^{-1}$. Spektra $^1\text{H NMR}$ minyak biji sawit seperti disajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan data pada Tabel 4, tampak bahwa semakin besar persentase berat abu TKS terhadap minyak (atau semakin besar jumlah katalis basa), semakin tinggi persentase konversi biodiesel. Peningkatan konversi biodiesel relatif tajam terjadi sampai dengan 6 % b/b abu terhadap minyak, dan pada variasi abu berikutnya peningkatan konversi biodiesel relatif kecil. Penurunan konversi biodiesel pada jumlah katalis yang lebih besar dapat disebabkan oleh kadar asam dalam minyak biji sawit. Keberadaan asam menunjukkan adanya asam lemak bebas yang dapat mendeaktivasi katalis yang digunakan. Namun demikian hasil uji angka asam total minyak biji sawit menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas dalam minyak biji sawit ini relatif rendah.

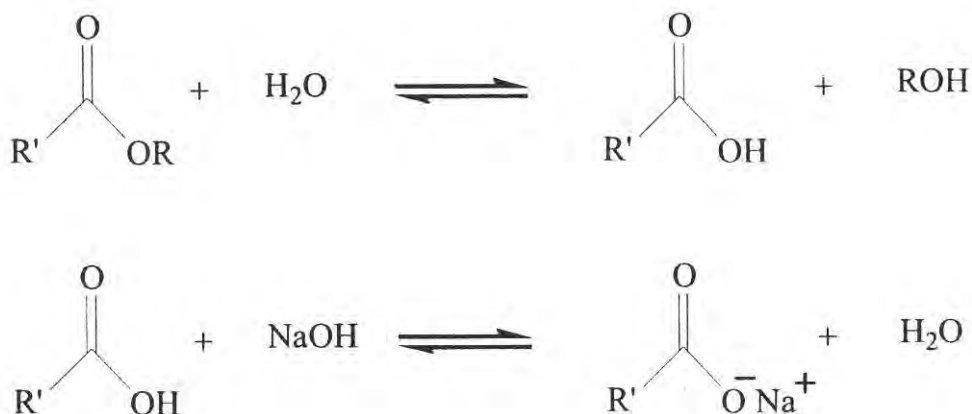


Gambar 1. Spektrum $^1\text{H NMR}$: a). Minyak biji sawit; b), c), d), e), dan f) menunjukkan spektrum $^1\text{H NMR}$ hasil transesterifikasi minyak biji sawit dengan variasi berat abu berturut-turut 2, 4, 6, 8, dan 10 % b/b abu TKS terhadap minyak, rasio molar metanol/minyak = 6:1, 2 jam, temperatur kamar

Tabel 4. Persentase konversi biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji sawit pada rasio molar metanol minyak = 6:1, pada temperatur kamar dengan variasi persentase berat abu TKS terhadap minyak

Kode	Berat abu, g	Persentase berat K ₂ CO ₃ dalam abu TKS terhadap minyak, % b/b	Konversi, %
TK/6:1	-	-	0,00
2/6:1	5,0075	0,34	40,28
4/6:1	10,0052	0,53	58,58
6/6:1	15,0016	0,72	69,67
8/6:1	20,0064	0,77	72,60
10/6:1	25,0022	0,85	75,77

Keterangan : TK = Tanpa katalis



Gambar 2. Reaksi Penyabunan

Penggunaan katalis yang berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya emulsi berlebihan akibat reaksi penyabunan yang terjadi yang saat proses penghilangan sisa metanol dan katalis dalam lapisan metil ester. Reaksi penyabunan seperti disajikan pada persamaan reaksi yang dapat di lihat pada Gambar 1.

Reaksi penyabunan akan mengambil sejumlah metil ester yang telah terbentuk dan juga metil ester lainnya dimungkinkan terjebak dalam emulsi yang terbentuk. Encinar *et.al.* (2002) juga melaporkan bahwa dengan katalis berlebihan akan menghambat pemisahan gliserol dari lapisan metil ester sehingga konversi metil ester menurun.

Dengan demikian kadar katalis yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi harus dioptimasi. Dalam penelitian ini ratio berat abu terhadap minyak mencapai optimum pada 6 %.

KESIMPULAN

Logam kalium dalam abu TKS merupakan komponen terbesar (29,82 % b/b), yang dimungkinkan berada dalam bentuk senyawa karbonat. Dengan sifat basa yang dimiliki kalium karbonat maka abu TKS berpotensi sebagai sumber katalis basa dalam pembuatan biodiesel. Konversi biodiesel meningkat seiring dengan peningkatan jumlah abu TKS yang digunakan dalam transesterifikasi, dan mencapai optimum pada rasio berat abu terhadap minyak 6 %, diperoleh konversi biodiesel 69,67 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, *Potassium Carbonate Handbook*. <http://www.armandproducts.com>, 13 Februari 2006.
- ASTM, 2003a, Annual Book of ASTM Standards, 5, 05.01, ASTM International, West Conshohocken.
- ASTM, 2003b. *Annual Book of ASTM Standards, 5, 05.04*. ASTM International, West Conshohocken.
- Darnoko, Guritno, P., Sugiharto, A., dan Sugesty, S., 1995. Pembuatan Pulp dari Tandan Kosong Sawit dengan Penambahan Surfaktan. *J. Penelitian Kelapa Sawit*, 3(1), 75-87.
- Encinar, J. M., Gonzalez J. F., Rodriguez, J. J., dan Tejedor A., 2002. Biodiesel Fuels from Vegetable Oils: Transesterification of *Cynara Cardunculus* L. Oils with Ethanol. *Energy Fuels*, 16, 443-450.
- Kittikun, A.H., Prasertsan, P., Srisuwan, G., dan Krause, A, 2000. *Environmental Management for Palm Oil Mill*. <http://www.ias.unu.edu/>, 14 September 2005.
- Knothe, G., Dunn, R. O., dan 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.
- Kurata, S., Yamaguchi, K. dan Nagari, M., 2005. Rapid Determination of Fatty Acids Composition in Fats and Oils by Electrospray Ionization Mass Spectroscopy Japan Soc. *Anal. Chem*, 21, 1457 – 1465.
- Lele, S, 2005. Oil Yields and Characteristics. <http://www.svlele.com>, 21 Februari 2005.
- 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.
- Pinto, A. C., Guarieiro, L. L. N., Rezende, M. J. C., Ribeiro, N. M., Torres, E. A., Lopes, W. A., de P Pereira, P. A., dan de Andrade, J. B., 2005. Biodiesel: An Overview. *J. Braz. Chem. Soc.*, 16, 6B, 1313-1330.
- 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, 11-21.