

**PEMANFAATAN ABU TANDAN KOSONG SAWIT  
SEBAGAI SUMBER KATALIS BASA ( $K_2CO_3$ ) PADA PEMBUATAN BIODIESEL MINYAK  
JARAK *Ricinus communis***

***The Use of Empty Fruit Bunch Palm Ash  
as Source of Base Catalyst ( $K_2CO_3$ ) for Biodiesel Making  
from Castor Oil(*Ricinus communis*)***

Uki Yitnowati<sup>1</sup>, Yoeswono<sup>2</sup>, Tutik Dwi Wahyuningsih<sup>1</sup>, dan Iqmal Tahir<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada  
Sekip Utara, Yogyakarta 55281

<sup>2</sup>Pusdiklat Migas, Jl. Sorogo No. 1, Cepu, Jawa Tengah, Indonesia

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

**ABSTRAK**

Penelitian tentang pemanfaatan abu tandan kosong (TKS) sawit sebagai sumber katalis basa telah diteliti pada aplikasi reaksi transesterifikasi minyak jarak *Ricinus communis*. Karakterisasi kadar basa dalam abu TKS dilakukan dengan AAS dan alkalinitas. Katalis basa diperoleh dengan pengadukan abu TKS dalam metanol dan selanjutnya digunakan untuk reaksi transesterifikasi minyak jarak. Komposisi asam lemak minyak jarak hasil transesterifikasi ditentukan dengan GC-MS, sedangkan persentase konversi biodiesel dianalisis dengan spektrometri <sup>1</sup>H NMR dan beberapa sifat fisik biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan metode standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kalium dalam bentuk kalium karbonat dalam abu TKS sebesar 25,92% (b/b). Dari GC-MS diketahui bahwa asam lemak yang dominan pada minyak adalah asam risinoleat. Konversi biodiesel semakin bertambah dengan peningkatan persentase berat abu terhadap minyak dan peningkatan rasio molar metanol/minyak. Kualitas produk biodiesel relatif memenuhi persyaratan spesifikasi biodiesel ASTM D 6751..

Kata kunci: biodiesel, transesterifikasi, *Ricinus communis*

**ABSTRACT**

An experiment for the use of empty fruit bunch palm ash as source of base catalyst in application for reaction of transesterification from castor oil has been done. Content of base compound in empty fruit bunch palm ash was analyzed by AAS and acidity alkalimetry. The base catalyst was extracted using methanol, and then to be used in transesterification reaction of castor oil. The sample product was analyzed by GC-MS to determined the fatty acid composition product of transesterification. The percentage of the biodiesel conversion was determined by <sup>1</sup>H NMR and it is physical properties was characterized by ASTM Standard Methods. The result showed that potassium concentration as carbonat salt in the ash of palm EFB was 25.92% (w/w). The biodiesel conversion increased with increasing of percentage of weight of ash to oil and methanol/oil molar ratio. The quality of biodiesel were relatively conformed biodiesel ASTM D 6751 specification.

Keyword : biodiesel, transesterification, castor oil, *Ricinus communis*

**PENDAHULUAN**

Krisis energi dan bahan bakar sudah terjadi sejak akhir tahun 1970, sehingga awal tahun 1980 mulai dipikirkan tentang

kemungkinan habisnya cadangan bahan bakar dari sumber yang tidak terbarukan (bahan bakar berbasis minyak bumi), dan mencari sumber bahan bakar alternatif (Knothe *et al.*, 1997). Masalah lain yang muncul dewasa ini adalah isu lingkungan

mengenai pemanasan global. Gas CO<sub>2</sub> di atmosfer terjadi antara lain karena pembakaran bahan bakar minyak. Jumlah CO<sub>2</sub> yang berlebihan bersifat merusak lingkungan dengan efek rumah kaca yang ditimbulkannya. Krisis energi dan masalah pemanasan global yang terjadi saat ini membuat orang beramai-ramai mencari energi alternatif pengganti BBM yang bersifat ramah lingkungan. Konsep bahan bakar bersih antara lain meliputi: pengurangan kadar belerang, penambahan senyawa-senyawa oksigenat, pengurangan senyawa aromatik, dan peningkatan angka cetana atau oktana (Sayles dan Ohmes, 2005). Biodiesel merupakan bahan yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti BBM.

Penelitian tentang bahan bakar alternatif biodiesel telah banyak dilakukan dengan memakai berbagai macam minyak nabati. Misal Amerika Serikat, menggunakan minyak kedelai sebagai bahan baku, di Eropa menggunakan *rapeseed oil*, dan di negara-negara tropis menggunakan minyak kelapa dan minyak sawit (Knothe *et al.*, 1997). *Investor Daily*, Juni 2006 memuat pernyataan Achmad Mangga Barani, Dirjen Perkebunan Departemen Pertanian yang menyatakan pengembangan biodiesel dari minyak sawit dapat mengganggu pasokan minyak sawit mentah (CPO) untuk minyak goreng domestik dan ekspor CPO. Salah satu minyak non pangan yang memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar adalah minyak jarak. Tanaman jarak yang biasa ditanam di Indonesia ada dua jenis, yaitu jarak pagar (*Jatropha curcas*) dan jarak kepyar (*Ricinus communis*). Di antara jenis tanaman jarak tersebut yang sudah sering digunakan sebagai penghasil minyak bakar (*biofuel*) adalah jarak pagar (*J. curcas*) (Chitra *et al.*, 2005). Jarak kepyar (*R. communis*) banyak digunakan pada industri kimia seperti pabrik cat, vernis, pelumas, tinta cetak, pabrik kosmetik, parfum, farmasi, bubuk kertas, serta sebagai bahan baku industri nilon dan plastik (Osava, 2001).

Minyak jarak *R. communis* dan turunannya sangat larut dalam alkohol serta memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan minyak nabati lain (Kulkarni, 2003). Beltrao (2001) berpendapat bahwa minyak jarak *R. communis* adalah sumber daya terbaik untuk produksi biodiesel karena satu-satunya minyak yang larut dalam alkohol, dan tidak membutuhkan panas, serta kebutuhan energinya konstan pada

pembentukannya menjadi bahan bakar. Perkembangan selanjutnya minyak jarak dari biji jarak *R. communis* yang diperoleh dengan cara pengepresan/pengempaan atau dengan ekstraksi pelarut, teridentifikasi sebagai sumber potensial penting untuk produksi biodiesel di Brazil Utara. Pembuatan biodiesel dari minyak jarak *R. communis* yaitu melalui proses metanolisis atau etanolisis dengan menggunakan katalis NaOH atau KOH (Meneghetti *et al.*, 2006). Hasil transesterifikasi dari minyak jarak *R. communis* terdapat hal yang menarik yaitu nilai titik kabut dan titik bekunya sangat rendah hal ini menunjukkan bahan bakar ini sangat cocok pada temperatur sangat rendah (Barajas, 2006).

Salah satu proses pembuatan biodiesel selama ini memerlukan katalis basa NaOH dan KOH untuk mempercepat terbentuknya produk. Harga katalis basa NaOH dan KOH tersebut relatif mahal sehingga pembuatan biodiesel dari minyak nabati dinilai belum ekonomis mengingat biaya produksi yang relatif masih mahal. Katalis yang sangat mungkin berharga murah adalah dengan memanfaatkan kandungan basa dalam abu tandan kosong sawit. Abu yang diperoleh dari pembakaran TKS mempunyai kadar kalium yang tinggi (45-50%) sebagai K<sub>2</sub>O (Kittikun *et al.*, 2000), sehingga abu TKS ini sering digunakan sebagai pengganti pupuk (Salétes *et al.*, 2004). Penelitian berikutnya mengaplikasikan pemanfaatan abu TKS sebagai katalis basa. Pemanfaatan abu tandan kosong sawit sebagai sumber katalis basa untuk pembuatan biodiesel dari minyak biji sawit melalui reaksi transesterifikasi dalam media metanol telah dilakukan oleh Yoeswono *et al.* (2007). Sibarani (2006) dengan bahan baku minyak kelapa juga melakukan sintesis biodiesel menggunakan katalis abu TKS.

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, pembuatan biodiesel dengan bahan minyak jarak *R. communis* dengan proses transesterifikasi perlu dilakukan dengan menggunakan abu tandan kosong sawit sebagai sumber katalis basa (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: abu tandan kosong kelapa sawit hasil pembakaran TKS (dari pabrik minyak kelapa sawit di Jambi), minyak jarak *R.*

*communis* dan metanol teknis dari Brataco Chemika, dan bahan-bahan kimia dengan kualitas p.a dari Merck terdiri dari: cesium nitrat ( $\text{CsNO}_3$ ), asam klorida (HCl), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), dan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) anhidrat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: alat-alat gelas laboratorium, satu set alat refluks kapasitas 500 mL, 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-2010S), spektrometer resonansi magnetik inti proton ( $^1\text{H}$  NMR, JEOL-MY60).

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi abu tandan kosong sawit

Abu TKS dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 110 °C selama 2 jam untuk menghilangkan air kemudian disaring dengan ayakan *100 mesh*. Selanjutnya abu diabukan kembali (*reashing*) sampai temperatur 700 °C untuk menghilangkan sisa-sisa karbon. Selanjutnya untuk menentukan kadar kalium dalam abu TKS dianalisis dengan AAS serta untuk mengetahui keberadaan ion karbonat dilakukan uji alkalinitas.

#### Transesterifikasi minyak jarak

Sejumlah tertentu abu TKS diaduk dalam 75 mL metanol (BM = 32,04) selama 1 jam pada temperatur kamar. 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 jarak.

Reaksi transesterifikasi dilakukan selama 2 jam. Setelah reaksi berjalan 2 jam, pengadukan dihentikan, campuran yang terbentuk dituang dalam corong pisah, 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  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat.

Prosedur proses transesterifikasi tersebut dilakukan dengan variasi berat abu untuk 10, 15, 20 dan 25 g (rasio molar metanol/minyak 6:1, waktu reaksi 2 jam, temperatur kamar, dan kecepatan pengadukan dijaga konstan), dan variasi rasio molar metanol/minyak untuk 3:1, 6:1, 9:1 dan 12:1 (berat abu terpilih, waktu reaksi 2 jam, temperatur kamar, dan kecepatan pengadukan dijaga konstan).

#### Analisis hasil Transesterifikasi

Komposisi metil ester yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Untuk mengetahui persentase konversi metil ester yang diperoleh digunakan  $^1\text{H}$  NMR (60 MHz, solvent  $\text{CDCl}_3$ ). Nilai konversi metil ester (yang dinyatakan sebagai konsentrasi metil ester) ditentukan dengan rumus IV.1.

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

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). Untuk mengetahui kualitas biodiesel dilakukan beberapa uji ASTM.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil AAS menunjukkan kadar kalium yang terdapat pada abu TKS mencapai 25,92% berat abu maka berat kalium dalam 1 g abu adalah 0,259 g. Data uji alkalinitas hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1. Kadar ion bikarbonat jauh lebih rendah sehingga dengan demikian dapat diketahui bahwa kalium yang terdapat dalam abu TKS sebagian besar berbentuk kalium karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ).

#### Analisis komposisi kimia

Untuk mengetahui komposisi kimia minyak jarak yang digunakan, dilakukan analisis GC terhadap metil ester hasil transesterifikasi minyak jarak dengan metanol (Gambar 1).

Selanjutnya masing-masing puncak dianalisis dengan spektrometer massa untuk identifikasi senyawa (Tabel 2).

Reaksi transesterifikasi minyak jarak *R. communis* dilakukan pada temperatur kamar dengan menggunakan katalis basa  $K_2CO_3$  yang berasal dari abu tandan kosong sawit (TKS) dalam media metanol dengan waktu transesterifikasi selama 2 jam. Transesterifikasi dilakukan dengan memvariasikan berat abu TKS yaitu: 10, 15, 20 dan 25 g kemudian dilanjutkan untuk variasi rasio molar metanol terhadap minyak jarak *R. communis*, yaitu: 3:1, 6:1, 9:1 dan 12:1.

Mekanisme reaksi transesterifikasi terkatalis basa (Gambar 2) dimulai dengan serangan dari metanol pada atom karbon karbonil trigliserida menghasilkan zat antara (*intermediate*) tetrahedral, kemudian zat antara yang terbentuk mengalami eliminasi (pemutusan gugus asil) yang diikuti terbentuknya metil ester dan ion gliserida. Pada tahap akhir reaksi ion gliserida bereaksi dengan metanol menghasilkan gliserol dan ion metoksida kembali.

#### **Pengaruh Berat Abu TKS terhadap Produk Biodiesel**

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar berat abu TKS yang digunakan pada proses transesterifikasi maka semakin tinggi persentase konversi biodiesel. Dengan semakin besar jumlah berat abu TKS maka semakin besar pula konsentrasi katalis yang akan meningkatkan laju reaksi transesterifikasi pembentukan metil ester. Pada minyak jarak *R. communis* dengan berat abu 10 g langsung menunjukkan persentase konversi biodiesel yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa minyak tersebut sangat efektif sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Kenaikan konsentrasi katalis tidak menyebabkan pergeseran kesetimbangan ke arah pembentukan metil ester, tetapi menyebabkan turunnya energi aktivasi. Dengan demikian hal ini akan meningkatkan kualitas tumbukan antar molekul reaktan yang mengakibatkan kecepatan reaksi transesterifikasi menjadi naik maka konversi biodiesel juga menjadi semakin tinggi. Bahkan pada berat abu TKS 25 g diperoleh konversi 100% (dalam batas deteksi alat). Hal ini menunjukkan bahwa katalis pada berat tertentu akan menghasilkan produk yang maksimal.

Kualitas biodiesel dari minyak jarak variasi berat abu disajikan pada Tabel 3. Data menunjukkan bahwa sebagian besar sifat fisik dari biodiesel minyak jarak telah memenuhi

standar ASTM. Viskositas dan nilai kerapatan spesifik pada biodiesel minyak jarak cenderung tinggi dan belum masuk standar ASTM disebabkan karena adanya ikatan rangkap pada strukturnya, memiliki rantai karbon yang panjang, dan terdapat gugus – OH yang merupakan ikatan hidrogen yang sangat kuat sehingga ikatan menjadi kuat.

#### **Pengaruh Rasio molar Metanol/Minyak terhadap Produk Biodiesel**

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar rasio molar metanol/minyak, semakin tinggi persentase konversi biodiesel. Kenaikan persentase biodiesel dari minyak jarak *R. communis* hanya terjadi sampai pada rasio molar metanol/minyak 6:1 dan setelah itu konversi menjadi konstan bahkan turun walaupun penurunan tersebut sangat kecil. Penggunaan rasio molar metanol/minyak yang terlalu tinggi akan mempersulit pemisahan gliserol karena meningkatnya kelarutan. Dengan penggunaan alkohol yang berlebihan dimungkinkan bergabungnya kembali ester dan gliserol untuk membentuk monogliserida. Hal ini sesuai dengan laporan Encinar *et al.*, (2002), bahwa keberadaan gliserol dalam larutan alkil ester akan mendorong reaksi berbalik ke kiri, sehingga konversi alkil ester menjadi berkurang. Disamping itu pada saat pencucian dengan air pengocokannya jangan terlalu keras karena akan terjadi emulsi pada metil ester membentuk asam lemak, karena kemungkinan air dapat bereaksi dengan ion metoksida yang masih bercampur dengan metil ester. Dengan adanya reaksi tersebut maka dapat mengurangi persentase biodiesel.

Kualitas biodiesel dari minyak jarak variasi rasio molar metanol/minyak disajikan pada Tabel 4. Data menunjukkan peningkatan rasio molar metanol/minyak viskositas dan kerapatan spesifik biodiesel dari minyak jarak semakin turun meskipun belum memenuhi standar ASTM. Sifat fisik yang lain yang disajikan pada tabel menunjukkan bahwa kualitas biodiesel telah memenuhi standar. Keistimewaan biodiesel dari minyak jarak ini adalah nilai titik kabut dan tuang yang sangat rendah. Hal ini menguntungkan untuk daerah-daerah yang mengalami musim dingin, karena biodiesel dari minyak jarak ini tidak akan membeku meskipun temperaturnya sangat rendah.

## Kesimpulan

Abu TKS mempunyai kandungan kalium yang cukup tinggi yakni 25,92% berat abu dan berada dalam bentuk senyawa karbonat. Hal ini dibuktikan dengan uji alkalinitas terhadap abu TKS. Dengan sifat basa yang dimiliki kalium karbonat maka abu TKS mempunyai potensi untuk digunakan sebagai sumber katalis basa dalam pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak jarak *R. communis*.

Peningkatan jumlah abu TKS dalam reaksi transesterifikasi, meningkatkan konversi biodiesel yang diperoleh. Untuk berat abu TKS pada 10, 15, 20, dan 25 g (rasio molar metanol/minyak 6:1) diperoleh persentase konversi biodiesel berturut-turut: 88,7; 90,4; 96,7; dan 100 %. Dengan memperbesar rasio molar metanol/minyak diperoleh persentase konversi biodiesel yang semakin meningkat, namun pada keadaan tertentu akan mencapai optimum sehingga persentase konversi relatif konstan. Pada masing-masing variasi mol metanol:minyak pada 3:1, 6:1, 9:1 dan 12:1 diperoleh persentase konversi biodiesel yaitu: 58,3; 100; 98,6; dan 98,3%.

Dari hasil uji terhadap beberapa karakter biodiesel yang dihasilkan, secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase konversi biodiesel yang dihasilkan baik pada variasi berat abu TKS maupun pada variasi rasio molar metanol/minyak maka kualitas biodiesel makin mendekati atau sesuai dengan spesifikasi Minyak Solar 48 dan biodiesel ASTM D 6751.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barajas, C. L., 2006, *Biodiesel from Castor Oil: A Promising fuel for Cold Weather*, Department of Hydraulic, Fluids and thermal Sciences, Franciscode Paula Santander Unervesity, Columbia.
- Chitra, P., Venkatachalam and Sampathrajan, A., 2005, *Optimisation of Experimental Conditions Forbiodiesel Production from Alkali-Catalysed Transesterification of Jatropha curcas oil*, Department of Bio-Energy, AEC&RI, Tamil Nadu.
- Encinar, J. M., Gonzalez J. F., Rodriguez, J. J., and 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., and Krause, A., 2000, *Environmental Management for Palm Oil Mill*, AEON Found., Japan.
- 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.
- Knothe, G., 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with Correlation to <sup>1</sup>H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77, 9483, 489-493.
- Kulkarni, M. G., and Sawant, S. B., 2003, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 105, 214-218.
- Kurata, S., Yamaguchi, K., and Nagai, M., 2005, Rapid Discrimination of Fatty Acids Composition in Fats and Oils by Electrospray Ionization Mass Spectrometry, *Jpn. Soc. Anal. Chem.*, 21, 1457-1465.
- Meneghetti, S. M. P, Meneghetti, M. R, Wolf, C. R Silva, E. C., Lima, G. E. S., Silva, L. L, serra, T. M, Caudoro, F., and Oliveira L., 2006, Biodiesel from Castor Oil: A Comparison of *Ethanolysis versus Methanolysis*, *Energi and Fuels*: 20 ; 2265-2265.
- Osava, M., 2001, *The Castor-Oil Plant: Ricinus Communis Is The Best Source For Creating Biodiesel*, Energy in Castor Bean, Tierramerica.
- 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.
- Sayles, S., and Ohmes, R., 2005, Clean Fuels: What are the Issues?, *Hydrocarbon Process*, 2, 84, 39-43.
- Sibarani, J., 2006, *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Katalis Basa (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) pada Pembuatan Biodiesel Minyak Kelapa dalam Media Metanol*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- 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 1<sup>st</sup> International Conference on Chemical Sciences, Yogyakarta.

Tabel 1. Konsentrasi anion yang terdapat dalam abu TKS hasil uji alkalinitas

Alkalinitas	Kadar konsentrasi (g/kg)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (bikarbonat)	43,5
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (karbonat)	373,97

Tabel 2. Hasil analisis metil ester yang diperoleh dari transesterifikasi minyak jarak *R. communis* dalam media metanol dengan GC-MS

Puncak	Waktu Retensi (menit)	Persen relatif (%)	Nama Trivial	Persen relatif (%) menurut Kurata <i>et al.</i> (2005)
1	22,887	2,03	Asam palmitat	0,5
2	26,355	7,05	Asam linoleat	4,9
3	26,456	6,08	Asam linolenat	0,4
4	26,533	1,02	Asam oleat	2,9
5	26,900	2,48	Asam stearat	0,4
6	30,295	81,34	Asam risinoleat	90,0
		0,0	Lain-lain	0,9
	total	100		100

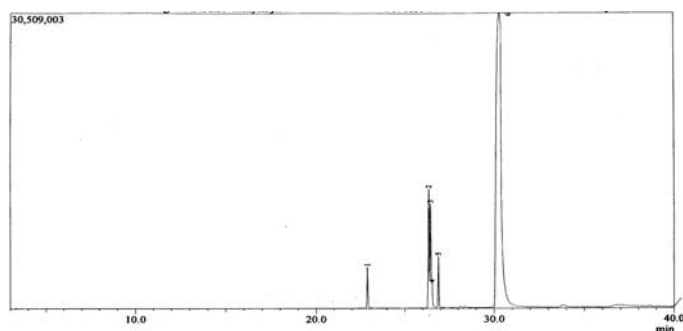
Tabel 3. Pengaruh berat abu TKS terhadap kualitas produk biodiesel

Sifat	Metode ASTM	MG	TK	Variasi berat abu (gram)			
				10	15	20	25
Viskositas kinematik, 40°C, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	D 445	252,51	114,93	23.78	21.82	17.33	16.06
Kerapatan spesifik 60/60 °F	D 1298	0,9615	0,9609	0,9394	0,9376	0,9327	0,9316
Titik nyala, °C	D 93	206	144	172	185	160	138
Titik kabut, °F	D 2500	< -20	0	10	10	5	25
Titik tuang, °F	D 97	< -20	< -20	-20	-10	-10	-10
NKK, BTU/lb	-	18825,0	15921,28	15945,67	16053,97	16084,47	1611127
NKB, BTU/lb *)	-	15133,9	15136,20	15217,50	15224,20	15242,80	15246,90

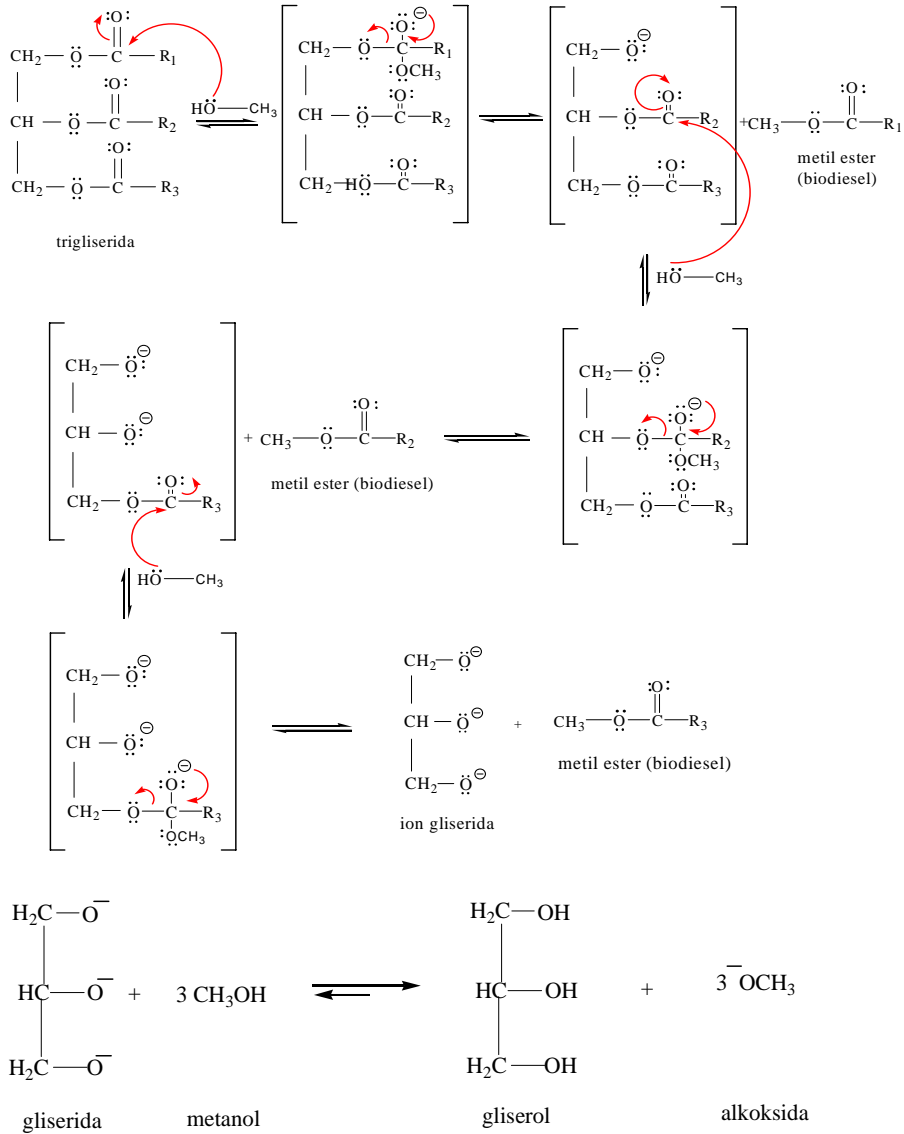
MG=monogliserida TK= tanpa katalis NKK= nilai kalori kotor NKB= nilai kalori bersih

Tabel 4. Pengaruh rasio molar metanol/minyak terhadap kualitas produk biodiesel

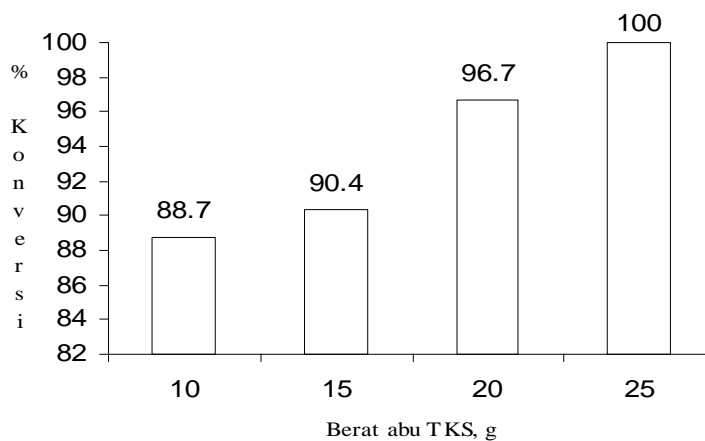
Sifat	Metode ASTM	MG	Rasio molar metanol/minyak			
			3:1	6:1	9:1	12:1
Viskositas kinematik, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	D 445	252,51	56,16	16,06	12,87	12,99
Kerapatan spesifik 60/60 °F	D 1298	0,9615	0,9522	0,9316	0,9280	0,9272
Titik nyala, °C	D 93	206	136	138	130	146
Titik kabut, °F	D 2500	< -20	15	25	25	30
Titik tuang, °F	D 97	< -20	-5	-10	-15	< -15
NKK, BTU/lb	-	18825,0	15550,0	16111,2	16113,7	16162,0
NKB, BTU/lb *)	-	15133,9	15169,1	15246,0	15260,5	15263,6



Gambar 1. Kromatogram metil ester hasil transesterifikasi minyak jarak dalam media metanol

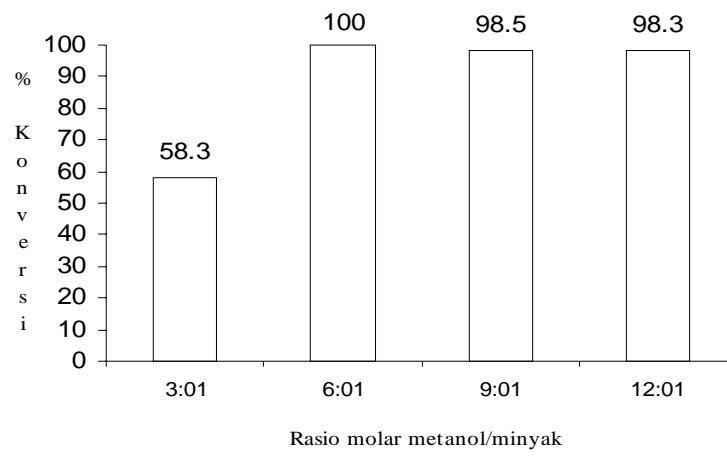


Gambar 2. Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak jarak *R. Communis*



Gambar 3. Hubungan % konversi biodiesel terhadap variasi konsentrasi katalis atau variasi berat abu TKS





Gambar 4. Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi rasio molar metanol/minyak