



Esterifikasi dan Transesterifikasi Serempak Minyak Jelantah menjadi Biodiesel dengan Katalis Resin Penukar Kation

Haryono*, Christi Liamita Natanael, Iman Rahayu, Ario Nasuha Wicaksono

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Padjadjaran

*E-mail: haryono_rियो@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan sumber energi ramah lingkungan selalu menjadi tantangan untuk mengatasi keterbatasan dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, salah satunya adalah biodiesel. Penelitian ini bertujuan menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis resin, dengan mempelajari pengaruh kadar katalis dalam campuran jelantah/metanol terhadap kualitas biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum sintesis biodiesel dicapai pada rasio mol minyak/metanol sebesar 1:20 (mol minyak:mol metanol) dan kadar katalis sebanyak 20%-b/b. Biodiesel pada kondisi tersebut memiliki karakteristik densitas 0,852 g/mL, viskositas kinematik 4,7 cSt, bilangan asam 0,81 mg KOH/g, bilangan iodin 23,48 g I₂/100 g, bilangan penyabunan 93,83 mg KOH/g, dan bilangan cetana 62,66, dengan komposisi utama metil ester berupa metil laurat dan metil oleat.

Kata Kunci: biodiesel, katalis, minyak jelantah, resin penukar kation

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan jenis energi dominan yang dikonsumsi di Indonesia. Selain itu, laju konsumsi BBM lebih besar dibandingkan laju produksinya, harga minyak bumi mentah yang fluktuatif, dan cadangan minyak bumi semakin berkurang merupakan permasalahan yang selalu melekat pada jenis energi fosil ini (BPPT, 2014). Sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap BBM, perlu dikembangkan bahan bakar dari sumber terbarukan dan lebih ramah lingkungan, seperti biodiesel. Salah satu bahan baku untuk pembuatan biodiesel adalah minyak jelantah. Ketersediaan minyak jelantah, terutama minyak sawit, relatif berlimpah. Hal tersebut dapat diperkirakan dari peningkatan laju pertumbuhan produksi kelapa sawit tahun 2004-2014 sekitar 11,09% per tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014) dan proyeksi konsumsi CPO (*crude palm oil*) pada tahun 2015 untuk produksi minyak goreng dan margarin sekitar 5,9 juta ton atau 54,63% dari total produksi CPO (GAPKI, 2015).

Pada reaksi pembentukan biodiesel umumnya dibutuhkan peranan katalis. Dengan pertimbangan minyak goreng bekas memiliki bilangan asam dan kadar air relatif tinggi, penggunaan katalis basa homogen akan menimbulkan berbagai masalah teknis (Mat *et al.*, 2012). Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan katalis padat berupa resin penukar kation. Resin penukar kation mampu berperan sebagai katalis pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan mekanismenya masing-masing (Feng *et al.*, 2010). Resin penukar ini memiliki matriks polimer *cross-linked* dimana sisi

aktif resin terdapat pada proton yang terikat pada gugus sulfonat (Sharma *et al.*, 2010). Kinerja suatu resin penukar ion ditentukan oleh sifat fisik maupun sifat kimianya, salah satunya berupa kapasitas tukar ion total yang merupakan jumlah situs yang tersedia untuk pertukaran, dan dapat didekati sebagai densitas keasaman dan kebasaaan (Kim *et al.*, 2008). Penelitian ini bertujuan menentukan kadar resin penukar kation sebagai katalis pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah, sehingga dihasilkan biodiesel yang sesuai dengan standar (SNI 04-7182-2006).

2. Metode

Pengkonversian minyak jelantah menjadi biodiesel dengan katalis resin penukar kation pada penelitian ini dilakukan melalui 5 tahap proses, yaitu: pemurnian dan karakterisasi minyak jelantah, penentuan *acid density* dari resin, sintesis biodiesel, pemurnian biodiesel, dan karakterisasi biodiesel.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ditujukan untuk mempelajari pengaruh variasi kadar katalis (berupa resin penukar kation) dan rasio mol minyak/metanol pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah terhadap spesifikasi biodiesel yang dihasilkan. Kadar katalis dipelajari pada variasi 5, 10, 15, dan 20%-b/b, sedangkan minyak/metanol divariasikan pada rasio mol 1:15, 1:20, 1:25, dan 1:31,3 (mol minyak:mol metanol). Biodiesel yang dihasilkan dari setiap kombinasi variasi yang dipelajari, kemudian dianalisis untuk diketahui sifat fisika berupa densitas, viskositas, bilangan asam, dan bilangan iodin. Biodiesel dengan spesifikasi



terbaik dari suatu kondisi reaksi optimum selanjutnya dikarakterisasi untuk menentukan bilangan penyabunan dan cetananya. Densitas dari minyak jelantah dan biodiesel biodiesel diukur dengan prinsip gravimetri menggunakan piknometer, sedangkan viskositas diukur berdasarkan waktu alir dengan viskometer Ostwald. Bilangan asam, penyabunan, dan iodin ditentukan dengan metode analisis volumetrik. Sedangkan komposisi kimia dari biodiesel dianalisis dengan metode GC-MS (*Gas chromatography-mass spectrometry*).

2.2 Metode Analisis Data

Data-data yang diperoleh dari percobaan merupakan hubungan antara beberapa karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari tiap set kondisi reaksi yang dipelajari. Metode analisis yang digunakan untuk menyimpulkan pengaruh suatu perlakuan adalah metode analisis kualitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan menginterpretasikan data-data penelitian yang telah diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, hasil-hasil penelitian berupa sifat-sifat fisik dan komposisi kimia diperoleh dari analisis kimia atau karakterisasi terhadap produk yang dihasilkan dari tahap penyiapan minyak jelantah, penentuan *acid density* resin, dan pemurnian biodiesel.

3.1 Hasil analisis minyak jelantah dan resin

Minyak jelantah sebelum direaksikan dengan metanol dimurnikan terlebih dahulu dari pengotornya berupa padatan dan air. Sedangkan terhadap resin sebagai katalis dilakukan penentuan *acid density* sebagai representasi banyaknya sisi-sisi aktif pada permukaan katalis. Minyak jelantah pada penelitian ini diambil dari sebuah restoran cepat saji di Kota Bandung. Hasil analisis minyak jelantah dan karakterisasi resin ditampilkan pada Tabel 1. Minyak jelantah sebagai minyak sisa penggorengan memiliki karakteristik yang beragam, bergantung pada banyak faktor, seperti: jenis komoditas hayati sumber minyak, lama pemakaian, bahan makanan yang digoreng, dan suhu penggorengan. Karakteristik utama minyak jelantah adalah relatif tingginya kadar asam lemak bebas, densitas, dan viskositas. Sanli *et al.* (2011) memperoleh hasil, dari 5 restoran makanan cepat saji (*fast food*) yang dikarakterisasi minyak goreng bekasnya, minyak goreng bekas memiliki bilangan asam berkisar 1,78 – 17,85 mg KOH/g minyak, densitas (15°C) 0,9183 – 0,9273 g/mL, dan viskositas (40°C) 39,81 – 51,44 cSt.

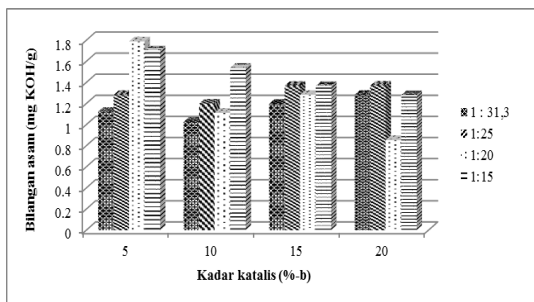
Tabel 1: Hasil Analisis Minyak Jelantah dan Resin

Bahan	Parameter Analisis	Hasil
Minyak	Bilangan asam (mg KOH/g minyak)	9,468
	Densitas di 40°C (g/mL)	0,920
	Viskositas kinematik di 40°C (cSt)	5,25
Resin	<i>Acid density</i> (mmol H ⁺ /g resin)	4,80

Pada Tabel 1 nampak bahwa karena minyak goreng bekas diambil dari sektor konsumen yang sama (restoran *fast food*), karakteristik minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam rentang karakteristik dari hasil penelitian Sanli *et al.* (2011). Resin yang digunakan pada penelitian merupakan resin penukar kation dengan *acid density* 4,80 mmol H⁺/g resin. *Acid density* suatu resin relatif cukup mewakili kinerja resin sebagai katalis, walaupun parameter tersebut masih harus dikombinasikan dengan parameter lain, seperti: sifat *swelling*, luas permukaan aktif spesifik, dan distribusi ukuran pori (Sharma *et al.*, 2010).

3.2 Karakteristik biodiesel pada variasi ka- dar resin dan rasio mol minyak/metanol

Kinerja resin penukar kation sebagai katalis pada sintesis biodiesel dalam penelitian ini diukur berdasarkan penurunan bilangan asam, densitas, dan viskositas dari minyak jelantah setelah dikonversi menjadi biodiesel. Penurunan bilangan asam menunjukkan bahwa sejumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak jelantah telah dikonversi menjadi biodiesel. Sedangkan penurunan viskositas minyak jelantah mengindikasikan sejumlah tertentu molekul trigliserida telah berhasil dikonversi menjadi molekul yang lebih pendek atau sederhana, yaitu metil ester. Metil ester memiliki berat molekul lebih kecil dibandingkan minyak asalnya, sehingga teramati densitas minyak jelantah mengalami penurunan sampai pada tingkat tertentu. Gambar 1 menampilkan pengaruh kadar katalis terhadap nilai bilangan asam dari biodiesel pada berbagai variasi rasio mol minyak metanol yang dipelajari. Gambar 1 menunjukkan, pemakaian resin sebagai katalis dengan kadar semakin banyak akan cenderung menurunkan bilangan asam (kadar asam lemak bebas) dari biodiesel. Bilangan asam terendah pada biodiesel dicapai ketika reaksi dilakukan dengan kadar katalis 20%-b/b dan rasio mol minyak/metanol sebesar 1:20. Kecenderungan serupa dijumpai ketika dikaitkan dengan pengaruh kadar katalis dan rasio mol minyak/metanol terhadap densitas dan viskositas biodiesel, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 dan 3.



Gambar 1. Hubungan antara Kadar Katalis dengan Bilangan Asam Biodiesel pada Variasi Mol Minyak/Metanol

Tabel 2. Densitas Biodiesel dari Reaksi pada Variasi Kadar Resin dan Rasio Mol

Rasio mol*	Densitas biodiesel (g/mL)			
	5%	10%	15%	20%
1:15	0,879	0,871	0,868	0,852
1:20	0,866	0,869	0,871	0,852
1:25	0,871	0,871	0,875	0,852
1:31,3	0,874	0,871	0,870	0,852

* mol minyak:mol metanol

Tabel 3. Viskositas Biodiesel dari Reaksi pada Variasi Kadar Resin dan Rasio Mol

Rasio mol*	Viskositas biodiesel (cSt)			
	5%	10%	15%	20%
1:15	4,10	4,93	5,00	4,68
1:20	4,86	4,89	4,82	4,69
1:25	5,11	4,83	4,74	4,61
1:31,3	5,35	4,78	4,78	4,55

* mol minyak:mol metanol

3.3 Perbandingan biodiesel dengan SNI

Biodiesel yang dihasilkan dari kondisi terbaik berdasarkan kriteria nilai bilangan asam, densitas, dan viskositas, selanjutnya dianalisis bilangan iodin dan penyabunannya. Bilangan iodin dan penyabunan digunakan untuk memperkirakan nilai bilangan cetana (Azam et al., 2005). Hasil analisis biodiesel dan perbandingannya dengan standar biodiesel (SNI 04-7182-2006) ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Biodiesel Penelitian dengan SNI Biodiesel (SNI 04-7182-2006)

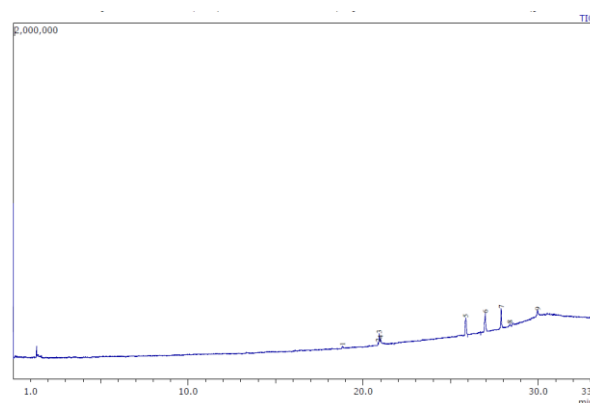
Parameter mutu	Biodiesel	SNI
Bilangan asam (mg KOH/g)	0,81	maks. 0,80
Densitas 40°C (g/mL)	0,852	0,850-0,890
Viskositas 40°C (cSt)	4,7	2,3 – 6,0
Bilangan iodin (g I ₂ /100 g)	23,48	maks. 115
Bilangan cetana	62,66	min. 51

Karakteristik biodiesel dari hasil reaksi dengan kadar resin (katalis) 20%-b, rasio mol

minyak/metanol 1:20, suhu 60°C, dan lama reaksi 100 menit, sesuai data pada Tabel 4, secara umum telah memiliki mutu yang dipersyaratkan SNI 04-7182-2006. Pada parameter mutu bilangan asam, biodiesel pada penelitian ini masih sedikit melebihi (sekitar 1,25%) batas atas syarat mutu yang diijinkan. Untuk lebih mengoptimalkan mutu biodiesel, berdasarkan kecenderungan pengaruh kadar katalis, maka bilangan asam dari biodiesel dapat diturunkan dengan sedikit meningkatkan kadar katalis yang digunakan.

3.4 Komposisi metil ester dalam biodiesel

Biodiesel dari kondisi reaksi optimum, berdasarkan hasil analisis komposisi kimia dengan metode GC-MS, tersusun atas metil laurat dan metil oleat sebagai jenis metil ester utama. Kromatogram dan dugaan senyawa ditampilkan pada Gambar 2 dan Tabel 5.



Gambar 2. Kromatogram GC-MS dari biodiesel dengan mutu terbaik

Tabel 5. Dugaan dan Komposisi Senyawa dalam Biodiesel pada Berbagai Waktu Retensi

No. Puncak	Waktu retensi (menit)	Nisbah area (%)	Dugaan senyawa
1	1,243	0,79	Metil Asetoksioleat
2	18,851	1,81	Metil Linoleat
3	20,912	10,32	Metil Oleat
4	20,979	5,32	Metil Oleat
5	25,848	25,42	Laurat Klorida
6	26,974	27,05	Laurat Klorida
7	27,877	22,72	Metil Laurat
8	28,371	1,03	Kolesterol Bromida
9	29,960	5,54	Nonadekatriena

4. Kesimpulan

1. Resin penukar kation mampu berperan sebagai katalis pada pengkonversian minyak jelantah menjadi biodiesel.
2. Mutu biodiesel yang dihasilkan telah sesuai dengan standar mutu biodiesel menurut SNI 04-7182-2006, berdasarkan parameter mutu



densitas, viskositas, bilangan iodin, dan bilangan cetana.

3. Jenis metil ester utama yang terdapat dalam biodiesel hasil penelitian adalah metil laurat dan metil oleat.

Daftar Pustaka

- Azam, M.M., Waris, A., Nahar, N.M. (2005), Prospects and Potential of Fatty Acid Methyl Esters of Some Non-traditional Seed Oils for Use as Biodiesel in India, *J. Biomass & Bioenergy*, Vol.29, July: 293-302.
- BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), 2014, *Outlook Energi Indonesia 2014: Pengembangan Energi dalam Mendukung Program Substitusi BBM*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2014), *Pertumbuhan Kelapa Sawit*, diakses dari www.ditjenbun.pertanian.go.id, publikasi tanggal 21 November 2014.
- Feng Guo, Zhen Fang (2010). *Biodiesel Production with Solid Catalysts*, Chinese Academy of Sciences, China.
- GAPKI (Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia), 2015, *Konsumsi Sawit di Indonesia*, diakses dari www.sawitindonesia.com, publikasi tanggal 29 April 2015.
- Kim, M.; Salley, S. O.; Ng, K. Y. S. (2008). *Transesterification of Glycerides Using a Heterogeneous Resin Catalyst Combined with a Homogeneous Catalyst*. Wayne State University, Michigan, USA.
- Mat, R., Samsudin, R.A., Mohamed, M., Johari, A., 2012, *Solid Catalysts and Their Application in Biodiesel Production*, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis, Vol. 7 (2), pp. 142-149
- Sanli, H., Canakci, M., Alptekin, E. (2011). Characterization of Waste Frying Oils Obtained from Different Facilities. In *World Renewable Energy Congress*. Linköping, Sweden, May 8-11.
- Sharma, Y. C.; Singh, B.; Korstad, J. (2010). Advancements in solid acid catalysts for ecofriendly and economically viable synthesis of biodiesel, *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 5: 69-92.
- SNI 04-7182-2006, SNI Biodiesel oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).