

PENGARUH WAKTU REAKSI DAN RASIO HEKSAN/TOTAL PELARUT TERHADAP RENDEMEN DAN KUALITAS BIODIESEL PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI *IN SITU* BIJI JARAK PAGAR

THE INFLUENCE OF REACTION TIME AND HEXANE TO TOTAL SOLVENT RATIO ON BIODIESEL YIELD AND QUALITY OF IN SITU TRANSESTERIFICATION OF JATROPHA SEED

Fitriyana Ayu Aprilyanti dan Ika Amalia Kartika*

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Kampus IPB Dramaga P.O. Box 220 Bogor 16002
*e-mail: ikatk@yahoo.com

ABSTRACT

The increasing of human demand about diesel fuel that was not balanced with the appropriate of petroleum production caused global crisis of energy. Under these conditions, biodiesel is a promising alternative fuel to replace petroleum-based diesel. Jatropha curcas L. can be used as an alternative energy resource because it contains 30-40% oils. Jatropha curcas L. is a plant that can be easily grown in Indonesia, so it is prospective as raw material for biodiesel. The purpose of this study was to determine the influence of reaction time and hexane to total solvent ratio on biodiesel yield and quality produced by in situ transesterification of jatropha seeds. The used raw material was grounded jatropha seeds with moisture content of < 2% and ± 20 mesh size. The operating conditions of hexane to total solvent ratio and reaction time were varied at 1/6, 2/6, 3/6 and 3, 4, 5 h, respectively. KOH concentration, reaction temperature and stirring speed were fixed at 0.075 mol/L methanol, 55°C and 300 rpm. The analysis of biodiesel quality included acid value, viscosity, ash content and saponification value. The results were analyzed with Response Surface Method (RSM). The produced biodiesel yield was 71%-81%. The highest yield (80.67%) and the best quality of biodiesel were obtained under operation condition of the 5 h reaction time and 1/6 hexane to total solvent ratio (acid value of 0.31 mg KOH/g, saponification value of 193.97 mg KOH/g, viscosity of 3.45 cSt, and ash content of 0%). Respon surface analysis of hexane to total solvent ratio and reaction time variables to respon of biodiesel yield resulted first order equation, $Y = 63.00 - 4.14(A) + 3.81(B)$, with $R^2 = 95.56\%$. The variable of reaction time (B) had significant influence on biodiesel yield. Respon surface analysis of operating condition variables to respon of biodiesel quality showed the variable of hexane to solvent ratio (A) and reaction time (B) had significant influence on acid value and viscosity, especially.

Keywords: biodiesel, jatropha, in situ transesterification, reaction time, solvent ratio

ABSTRAK

Eksploitasi minyak bumi menyebabkan krisis bahan bakar minyak (BBM) di dunia karena minyak bumi merupakan energi yang tidak terbarukan. Dengan kondisi tersebut, biodiesel yang berasal dari minyak nabati merupakan energi alternatif yang menjanjikan untuk menggantikan minyak bumi. Biji jarak pagar merupakan salah satu tanaman yang dapat menjadi bahan baku sumber energi alternatif karena kandungan minyaknya yang cukup tinggi, yaitu sekitar 30-40%. Jarak pagar merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan di Indonesia sehingga prospektif untuk dijadikan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi dan rasio heksan/total pelarut pada transesterifikasi *in situ* biji jarak pagar terhadap rendemen dan mutu biodiesel yang dihasilkan. Bahan yang digunakan adalah biji jarak pagar dengan kadar air < 2% dan ukuran ± 20 mesh. Kondisi operasi divariasikan pada rasio heksan/total pelarut sebesar 1/6, 2/6 dan 3/6, dan waktu reaksi selama 3, 4 dan 5 jam. Konsentrasi KOH, suhu reaksi dan kecepatan pengadukan ditetapkan pada 0.075 mol/L metanol, 55°C dan 300 rpm. Parameter mutu biodiesel yang dianalisis meliputi bilangan asam, viskositas, kadar abu dan bilangan penyabunan. Hasil penelitian dianalisis menggunakan *Response Surface Method* (RSM). Rendemen biodiesel berkisar antara 71%-81%. Rendemen biodiesel tertinggi (80.67%) diperoleh dari perlakuan waktu reaksi selama 5 jam dan rasio heksan/total pelarut sebesar 1/6. Mutu biodiesel terbaik juga diperoleh dari perlakuan waktu reaksi selama 5 jam dan rasio heksan/total pelarut sebesar 1/6 dengan bilangan asam 0.31 mg KOH/g, bilangan penyabunan 193.97 mg KOH/g, viskositas 3.45 cSt, dan kadar abu sebesar 0%. Hasil analisis respon permukaan variabel rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi terhadap respon rendemen biodiesel menghasilkan persamaan orde 1, $Y = 63.00 - 4.14(A) + 3.81(B)$, dengan $R^2 = 95.56\%$. Variabel waktu reaksi (B) berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen biodiesel. Hasil analisis respon permukaan variabel A dan B terhadap mutu biodiesel menunjukkan bahwa rasio heksan/total pelarut berpengaruh secara signifikan hanya terhadap bilangan asam dan viskositas.

Kata kunci :biodiesel, jarak pagar, transesterifikasi *in situ*, waktu reaksi, rasio pelarut.

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk salah satu negara penghasil minyak bumi di dunia. Akan tetapi, sampai saat ini Indonesia masih mengimpor minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) baik untuk sektor transportasi maupun energi. Tingkat konsumsi BBM Indonesia mencapai 457 juta barel/tahun (Ian, 2011), sedangkan produksinya hanya mencapai 265 juta barel/tahun (ESDM, 2011). Dampak dari krisis minyak bumi tersebut adalah tidak terpenuhinya kebutuhan BBM dalam negeri dan terganggunya perekonomian Indonesia. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif bahan bakar lain terutama dari bahan yang terbarukan. Salah satunya adalah biodiesel.

Beberapa tanaman potensial sebagai bahan baku biodiesel, seperti biji kapas (Qian *et al.*, 2008), kelapa sawit (Hayyan, 2011), biji bunga matahari (Porte *et al.*, 2010), kedelai (Xie dan Huang, 2006), biji jarak pagar (Shuit *et al.*, 2010), dan lain-lain. Jarak pagar merupakan tanaman yang sangat potensial sebagai bahan baku biodiesel dikarenakan beberapa keunggulan yang dimilikinya. Tanaman jarak pagar dapat tumbuh di lahan-lahan marginal (kurang subur). Selain itu, tanaman ini merupakan tanaman non pangan karena mengandung racun *phorbol ester* dan *cursin* (Gubitz *et al.*, 1999), sehingga isu kontroversi antara perbaharuan energi dan ketahanan pangan dapat dihindari.

Teknologi proses produksi biodiesel konvensional terdiri dari beberapa tahapan, yaitu ekstraksi minyak dari biji, pemurnian minyak, dan transesterifikasi untuk mengubah minyak menjadi biodiesel. Teknologi ini memiliki tahapan proses yang sangat panjang, membutuhkan waktu yang lama, dan membutuhkan biaya yang tinggi (Shuit *et al.*, 2010). Saat ini telah dikembangkan cara memproduksi biodiesel dengan efisiensi tinggi, biaya murah, serta rendemen yang tinggi yaitu melalui proses transesterifikasi *in situ* (Ozgul-Yucel dan Turkey, 2002; Haas *et al.*, 2004; Qian *et al.*, 2008; Shuit *et al.*, 2010). Proses transesterifikasi *in situ* ini merupakan proses produksi biodiesel yang lebih sederhana dengan mengeleminasi proses ekstraksi dan pemurnian minyak sehingga prosesnya lebih singkat.

Proses produksi biodiesel dari biji jarak pagar melalui transesterifikasi *in situ* telah dikembangkan oleh beberapa peneliti (Shuit *et al.*, 2010; Utami, 2010; Yulianingtyas, 2011; Fajarani, 2011; Amalia Kartika *et al.*, 2011a,b), dan telah memberikan hasil yang memuaskan. Penggunaan heksan sebagai *co-solvent* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rendemen dan mutu biodiesel. Kondisi proses waktu reaksi juga berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen dan mutu biodiesel. Pada penelitian ini pengaruh rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi dipelajari lebih lanjut untuk meningkatkan rendemen dan mutu biodiesel, khususnya pada kondisi proses dengan suhu reaksi yang lebih tinggi (55°C) dan kecepatan pengadukan yang lebih rendah (300 rpm) dari penelitian sebelumnya (Yulianingtyas, 2011; Fajarani, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi dan rasio heksan/total pelarut

terhadap rendemen dan mutu biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak pagar. Kondisi operasi divariasikan pada waktu reaksi 3, 4 dan 5 jam dan rasio heksan/total pelarut 1/6, 2/6 dan 3/6. Parameter yang dianalisis meliputi rendemen biodiesel, bilangan asam, viskositas, kadar abu dan bilangan penyabunan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jarak pagar yang diperoleh dari PT. JEDO Indonesia, Tangerang. Bahan kimia yang digunakan meliputi KOH, metanol, heksan, akuades, HCl, indikator PP, indikator mensel, etanol, H₂SO₄, CuSO₄, dan Na₂SO₄. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi tangki reaktor 10 L yang dilengkapi dengan pengaduk, pemanas, pendingin, blender, labu pemisah, oven, evaporator, pompa vakum, kertas saring, dan peralatan gelas.

Metode

Karakterisasi bahan baku

Bahan baku dipersiapkan dengan mengupas buah jarak kering untuk memisahkan kulit buah dari biji. Biji jarak pagar selanjutnya dikarakterisasi dengan menganalisis kadar air (AOAC 1995, 950.46), kadar abu (AOAC 1995, 923.03), kadar lemak (SNI 01-2891-1992), kadar protein (AOAC 1995, 991.20) dan kadar serat kasar (SNI 01-2891-1992).

Produksi biodiesel melalui transesterifikasi *in situ* pada berbagai kondisi proses

Proses transesterifikasi *in situ* dilakukan menggunakan reaktor dengan volume 10 L. Katalis yang digunakan adalah KOH dengan konsentrasi 0.075 mol/L metanol. Sebelum proses produksi dilakukan, biji jarak pagar dikeringkan pada suhu 60-70°C selama 24-48 jam untuk mendapatkan kadar air < 2%. Biji jarak kering dihaluskan (\pm 20 mesh), dan kemudian dimasukkan ke dalam larutan reaktan dengan rasio heksan/total pelarut divariasikan pada 1/6, 2/6 dan 3/6. Kondisi proses waktu reaksi divariasikan pada 3, 4 dan 5 jam, sedangkan kecepatan pengadukan dan suhu reaksi ditetapkan pada 300 rpm dan 55°C. Setelah proses transesterifikasi *in situ* selesai, campuran dibiarkan selama semalam untuk menurunkan suhu dan mengendapkan padatan. Selanjutnya, campuran disaring untuk memisahkan filtrat dari padatan (ampas). Filtrat dievaporasi menggunakan evaporator untuk menguapkan heksan dan metanol. Filtrat kemudian ditempatkan dalam labu pemisah dan didiamkan selama beberapa jam untuk memisahkan biodiesel dari gliserol. Lapisan gliserol berada di bagian bawah dan berwujud semi padat, sedangkan biodiesel berada di bagian atas. Biodiesel kemudian dicuci dengan akuades sampai netral. Biodiesel dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menguapkan air dari sisa pencucian. Biodiesel selanjutnya didinginkan dan ditimbang untuk mengetahui bobotnya. Rendemen biodiesel dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bobot biodiesel} \times 100\%}{\text{bobot minyak dalam biji jarak}}$$

Mutu biodiesel dikarakterisasi dengan menganalisis viskositas (SNI 04-7182-2006), bilangan asam (SNI 04-7182-2006), kadar abu (AOAC 1995, 950.46) dan bilangan penyabunan (SNI 04-7182-2006).

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan *Least Square Design*. Data yang dihasilkan digunakan untuk memodelkan pengaruh variabel-variabel kondisi proses rasio heksan/total pelarut (A) dan waktu reaksi (B) terhadap respon (Y), yang meliputi rendemen biodiesel, bilangan asam, bilangan penyabunan, viskositas dan kadar abu. Jumlah level sebanyak 3 dan faktor sebanyak 2 digunakan untuk menentukan kondisi proses terbaik. Level *coded* dan *uncoded* dari variabel-variabel kondisi proses disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan level yang digunakan untuk *Least Square Design* dalam proses transesterifikasi *in situ* biji jarak pagar

Variabel	Simbol	Level		
		-1	0	+1
Rasio heksan/total pelarut	A	1/6	2/6	3/6
Waktu reaksi (jam)	B	3	4	5

Untuk level -1 dan +1, penelitian dilakukan sebanyak 2 ulangan, sedangkan untuk level *central* (0) penelitian dilakukan sebanyak 5 ulangan.

Data-data yang dihasilkan selanjutnya dianalisis regresi respon permukaannya menggunakan persamaan polinomial orde satu sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

dimana Y adalah respon (rendemen biodiesel, bilangan asam, bilangan penyabunan, viskositas dan kadar abu); x_1 dan x_2 adalah variabel *uncoded*; dan β_0 , β_1 dan β_2 masing-masing adalah konstanta titik potong dan koefisien linier untuk x_1 dan x_2 (Montgomery, 2001). Analisis regresi dan analisis keragaman (ANOVA pada $\alpha = 0.05$) dilakukan menggunakan *Design Expert Software*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku

Hasil karakterisasi bahan baku (Tabel 2) menunjukkan bahwa biji jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini memiliki kadar minyak yang cukup tinggi. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (kadar minyak > 35%) (Fajarani, 2011; Yulianingtyas, 2011), kadar minyak biji jarak pagar yang digunakan dalam penelitian ini lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan varietas tanaman, umur panen, tempat tumbuh tanaman dan kualitas bibit. Pada penelitian Fajarani (2011) dan Yulianingtyas (2011), biji jarak pagar yang digunakan adalah biji jarak pagar varietas Lampung IP-3 yang didapat dari Balitri

Sukabumi dan berkualitas unggul. Biji jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PT. JEDO Indonesia yang memiliki kualitas lebih rendah daripada biji yang berasal dari Balitri.

Tabel 2. Hasil karakterisasi bahan baku

Parameter Uji	Nilai (% b/b)
Kadar air	8.03
Kadar minyak	30.39
Kadar serat	29.95
Kadar abu	4.85
Kadar protein	17.77

Kadar air biji jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini cukup tinggi. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses transesterifikasi *in situ*, biji jarak pagar dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 60-70°C selama 24-48 jam untuk mendapatkan kadar air < 2%. Semakin rendah kadar air bahan, minyak lebih mudah larut dalam pelarut, sehingga tingkat ekstraksi minyak pun semakin tinggi. Kandungan air yang tinggi pada bahan akan menyebabkan saponifikasi ester sehingga akan mempengaruhi efisiensi proses transesterifikasi (Amalia Kartika *et al.*, 2011a).

Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi *In Situ* Biji Jarak Pagar Pada Berbagai Kondisi Proses

Pada penelitian ini, rendemen biodiesel yang dihasilkan berkisar antara 71-81%. Rendemen biodiesel tertinggi (80.67%) diperoleh dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 1/6 dan waktu reaksi 5 jam, sedangkan rendemen biodiesel terendah (71.69%) diperoleh dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 3/6 dan waktu reaksi 3 jam. Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0.05$) menggunakan metode respon permukaan (Tabel 3) menunjukkan bahwa variabel waktu reaksi (B) berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen biodiesel (Y) yang dihasilkan, sedangkan variabel rasio heksan/total pelarut (A) tidak berpengaruh secara signifikan. Interaksi variabel A dan B juga tidak berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *Lack of Fit* yang tinggi ($P > 0.05$).

Tabel 3. ANOVA untuk respon rendemen biodiesel

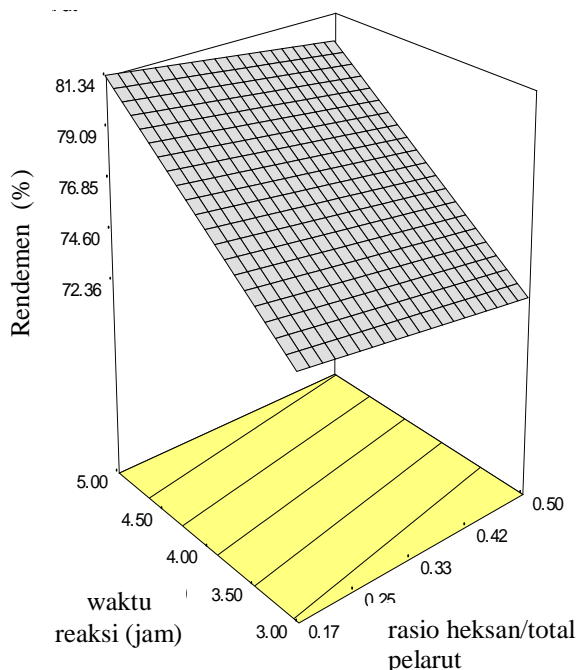
Source	SS	DF	MS	F	P
Model	59.85	2	29.93	43.07	0.0020*
A	1.86	1	1.86	2.68	0.1769
B	57.99	1	57.99	83.46	0.0008*
Curvature	13.97	1	13.97	20.10	0.0110*
Residual	2.78	4	0.69		
Lack of Fit	1.78	1	1.78	5.36	0.1035
Pure Error	1.00	3	0.33		
Cor Total	76.60	7			

*signifikan

Hasil analisis regresi persamaan polinomial orde 1 yang dihasilkan adalah $Y = 63.00 - 4.14A + 3.81B$ ($R^2 = 95.56\%$). Hubungan antara rendemen biodiesel dengan variabel-variabel A dan B (Gambar 1) menunjukkan bahwa pada kisaran waktu reaksi yang diamati (3-5 jam) rendemen biodiesel meningkat seiring dengan peningkatan waktu reaksi. Hal ini teramati untuk

seluruh variabel rasio heksan/total pelarut. Waktu reaksi yang lebih lama pada proses transesterifikasi memfasilitasi molekul-molekul reaktan bertumbukan lebih lama sehingga konversi trigliserida menjadi metil ester pun dapat ditingkatkan seiring dengan peningkatan waktu reaksi (Ozgul-Yucel dan Turkay 2002).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulianingtyas (2011), mengenai produksi biodiesel dari biji jarak pagar pada skala pilot dengan kondisi operasi waktu reaksi selama 4 jam, kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm, dan rasio metanol/heksan/bahan sebesar 3:3:1 dengan suhu reaksi 40°C menghasilkan rendemen sebesar 86.14%. Pada penelitian ini rendemen biodiesel tertinggi (80.67%) yang dihasilkan lebih rendah dari penelitian sebelumnya (86.14%), dengan waktu reaksi selama 5 jam, kecepatan pengadukan 300 rpm dan rasio heksan/total pelarut sebesar 1/6. Hal tersebut terjadi karena kualitas bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini lebih rendah dengan kualitas bahan baku yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Akan tetapi, pada penelitian ini rendemen tertinggi dihasilkan pada perbandingan heksan/metanol terkecil yaitu 1/6. Keuntungan dari hal ini adalah jumlah heksan yang digunakan rendah sehingga dapat menghemat biaya produksi mengingat harga heksan lebih mahal daripada harga metanol. Selain itu, heksan yang bersifat toksik dapat mencemari lingkungan jika penggunaannya berlebihan, sehingga penggunaannya harus dikurangi.



Gambar 1. Respon permukaan pengaruh rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel

Kualitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

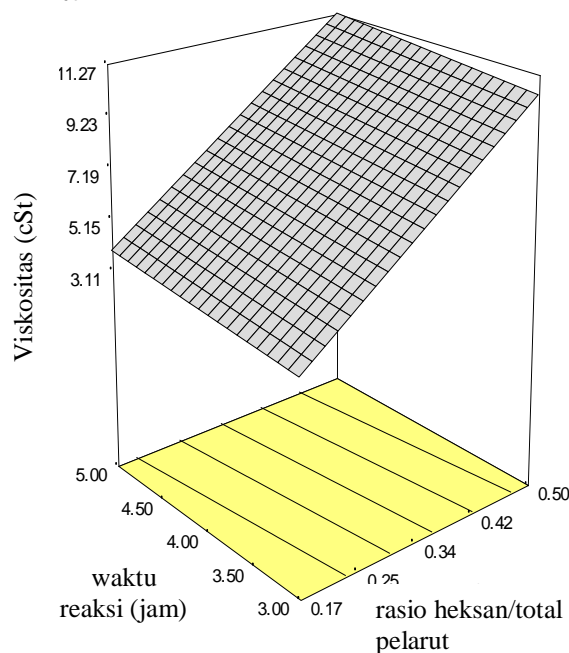
Viskositas biodiesel yang dihasilkan berkisar antara 3-12 cSt. Viskositas biodiesel terbaik (3.45 cSt) diperoleh dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 1/6 dan waktu reaksi 5 jam. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variabel rasio heksan/total pelarut

(A) berpengaruh secara signifikan terhadap viskositas biodiesel (Y), sedangkan variabel waktu reaksi (B) tidak berpengaruh secara signifikan. Interaksi variabel A dan B berpengaruh secara signifikan pada viskositas biodiesel.

Tabel 4. Kualitas biodiesel yang dihasilkan pada berbagai kondisi proses

Rasio heksan/total pelarut	Waktu reaksi (jam)	Viskositas (cSt)	Bilangan asam (mg KOH/g)	Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	Kadar abu (%)
1/6	3	3.54	0.46	193.05	0
1/6	5	3.45	0.28	193.97	0
3/6	3	10.05	0.84	190.84	0
3/6	5	11.07	0.82	193.90	0
2/6	4	3.56	0.36	194.23	Trace (<0.05)

Dari hasil analisis regresi persamaan polinomial orde 1 yang dihasilkan adalah $Y = -1.87+22.36A+0.39B$ ($R^2 = 98.62\%$). Hubungan antara viskositas biodiesel dengan variabel-variabel A dan B (Gambar 2) menunjukkan bahwa pada kisaran rasio heksan/total pelarut yang diamati (1/6-3/6) viskositas biodiesel meningkat seiring dengan peningkatan rasio heksan/total pelarut. Hal ini teramati untuk seluruh variabel waktu reaksi.



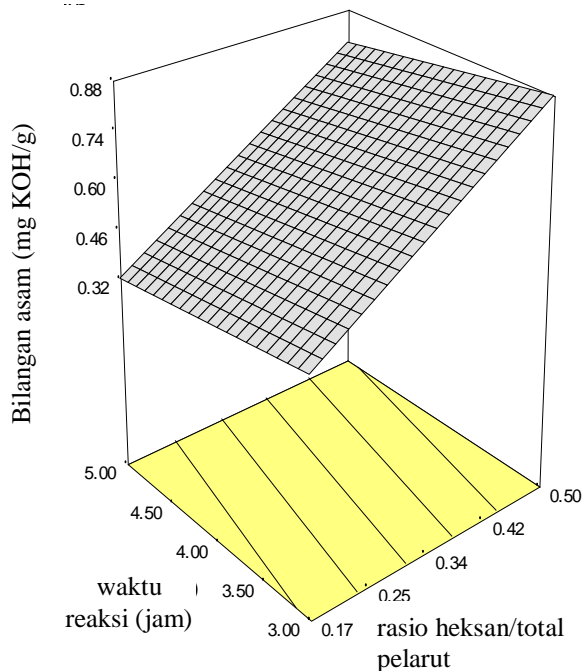
Gambar 2. Respon permukaan pengaruh rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi terhadap viskositas biodiesel

Pada penelitian ini, biodiesel yang dihasilkan dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 3/6 memiliki viskositas lebih besar dari pada standar untuk biodiesel (maksimal 6 cSt, SNI 04-7182-2006). Semakin tinggi jumlah heksan yang digunakan pada proses transesterifikasi *in situ*, jumlah minyak yang dapat terekstrak pun semakin tinggi. Namun demikian, waktu reaksi yang digunakan pada penelitian ini (3-5 jam) tidak cukup untuk mengkonversi seluruh minyak yang terekstrak menjadi metil ester. Viskositas biodiesel

dipengaruhi oleh kandungan trigliserida yang tidak bereaksi dengan metanol (Knothe, 2006). Viskositas akan meningkat seiring dengan semakin panjang rantai karbon dan semakin rendah jumlah ikatan rangkapnya.

Viskositas biodiesel diartikan sebagai ukuran ketahanan bahan bakar untuk mengalir (Van Gerpen, 2005). Viskositas berpengaruh pada penetrasi pola semprotan pada ruang pembakaran. Viskositas biodiesel yang akan digunakan sebagai bahan bakar diesel harus rendah karena viskositas yang tinggi akan menyulitkan injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar sehingga dapat menyebabkan kebocoran.

Bilangan asam biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 0.3-0.9 mg KOH/g. Bilangan asam terbaik (0.31 mg KOH/g) diperoleh dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 1/6 dan waktu reaksi 5 jam. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variabel rasio heksan/total pelarut (A) berpengaruh secara signifikan terhadap bilangan asam biodiesel (Y), sedangkan variabel waktu reaksi (B) tidak berpengaruh secara signifikan. Interaksi variabel A dan B juga tidak berpengaruh secara signifikan terhadap bilangan asam biodiesel yang dihasilkan.



Gambar 3. Respon permukaan rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi terhadap bilangan asam biodiesel.

Dari hasil analisis regresi, persamaan polinomial orde 1 yang dihasilkan adalah $Y = 0.33 + 1.39A - 0.05B$ ($R^2 = 92.95\%$). Hubungan antara bilangan asam biodiesel dengan variabel-variabel A dan B (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada kisaran rasio heksan/total pelarut yang diamati (1/6-3/6) bilangan asam biodiesel meningkat seiring dengan peningkatan rasio heksan/total pelarut. Hal ini teramati untuk seluruh variabel waktu reaksi.

Bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang tersisa di dalam biodiesel yang dihasilkan. Asam lemak bebas bersifat korosif. Bilangan asam biodiesel yang akan diaplikasikan sebagai bahan bakar

haruslah serendah mungkin, karena kandungan asam yang tinggi dalam bahan bakar dapat menyebabkan korosi dan kerusakan pada mesin-mesin diesel (Knothe, 2006).

Bilangan penyabunan biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 190-194 mg KOH/g. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variabel rasio heksan/total pelarut dan variabel waktu reaksi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap bilangan penyabunan biodiesel.

Bilangan penyabunan menunjukkan kemurnian suatu biodiesel. Semakin rendah bilangan penyabunan biodiesel, maka kemurnian biodiesel semakin rendah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh masih adanya kandungan tri-, di- dan monogliserida dalam biodiesel. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut akan menyebabkan bobot molekul biodiesel semakin tinggi. Minyak yang mempunyai bobot molekul rendah, akan mempunyai bilangan penyabunan yang tinggi (Ketaren, 2008).

Kadar abu biodiesel yang dihasilkan dari seluruh perlakuan pada penelitian ini adalah 0%, kecuali pada perlakuan rasio heksan/total pelarut 2/6 dan waktu reaksi 4 jam. Akan tetapi, pada perlakuan tersebut kadar abu yang diperoleh sangat rendah ($< 0.05\%$). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa variabel rasio heksan/total pelarut dan variabel waktu reaksi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar abu biodiesel.

Kadar abu menunjukkan adanya senyawa organologam maupun mineral yang terdapat pada bahan. Semakin rendah kadar abu biodiesel, maka mutu biodiesel semakin baik. Tingginya kadar abu dalam biodiesel yang akan diaplikasikan sebagai bahan bakar diesel dapat menyebabkan karat karena senyawa organologam tersebut akan mengendap pada mesin dan mengikis unit-unit injektor pada motor (Amalia Kartika *et al.*, 2011c).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengaruh kondisi proses rasio heksan/total pelarut dan waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel adalah signifikan. Pengaruh waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel lebih signifikan daripada rasio heksan/total pelarut. Pengaruh kondisi proses rasio heksan/total pelarut dan waktu terhadap kualitas biodiesel hanya signifikan pada viskositas dan bilangan asam biodiesel. Rendemen biodiesel tertinggi (80.67%) dan kualitas biodiesel terbaik (bilangan asam 0.31 mg KOH/g, bilangan penyabunan 193.97 mg KOH/g, viskositas 3.45 cSt, dan kadar abu 0%) diperoleh dari perlakuan rasio heksan/total pelarut 1/6 dan waktu reaksi 5 jam.

Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan waktu reaksi, dan melakukan analisis regresi menggunakan persamaan polinomial orde kedua.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia Kartika I, Yuliani S, Ariono D, Sugiarto. 2011a. Transesterifikasi *in situ* biji jarak: Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap rendemen dan kualitas biodiesel. *Jurnal Agritech* 3: 242-249.
- Amalia Kartika I, Yani M, Hermawan D. 2011b. Transesterifikasi *in situ* biji jarak pagar: Pengaruh jenis pereaksi, kecepatan pengadukan dan suhu reaksi terhadap rendemen dan kualitas biodiesel. *J. Tek. Ind. Pert.* 21: 24-33.
- Amalia Kartika I, Fathiyah S, Desrial, Purwanto YA. 2011c. Pemurnian minyak nyamplung dan aplikasinya sebagai bahan bakar nabati. *J. Tek. Ind. Pert.* 20: 122-129.
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis of Analytical Chemistry. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. Uji Makanan dan Minuman. SNI 01-2891-1992.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. Biodiesel. SNI 04-7183-2006.
- ESDM. 2011. Produksi Minyak Bumi per Tahun. www.dtw2.esdm.go.id. [31 Agustus 2012].
- Fajarani AN. 2011. Transformasi Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Menjadi Biodiesel Melalui Transesterifikasi *In Situ*. [Skripsi]. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Gubitz GM, Mittelbach M, Trabi M. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67: 73-82.
- Haas MJ, Karen MS, William NM, Thomas AF. 2004. In situ alkaline transesterification: An effective method of the production of fatty acid esters from vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81: 83-89.
- Hayyan A, Mjalli FS, Hashim MA, Hayyan M, Alnashef IM, Al-Zahrani AM, Al-Saadi AA. 2011. Ethanesulfonic acid-based esterification of industrial acidic crude palm oil for biodiesel production. *Bioresource Technology* 102: 9564-9570.
- Ian. 2011. Stok Dalam Negeri Mengkhawatirkan, Indonesia Bukan Lagi Negara Minyak. <http://www.rimanews.com/read/20110531/29983/stok-dalam-negeri-mengkhawatirkan-indonesia-bukan-lagi-negara-minyak>. [2 Agustus 2012].
- Ketaren S. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Knothe G. 2006. Analyzing biodiesel: Standards and other methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83:823-833.
- Montgomery DC. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. 5th edition. Singapura: John Wiley and Sons Inc.
- Ozgul-Yucel S, Turkay S. 2002. Variables affecting the yields of methyl ester derived from in situ transesterification of rice bran oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79:611-614.
- Porte AF, Schneider, RCS, Kaercher JA, Klamt RA, Scmatz WL, Silva WLT, Filho WAS. 2010. Sunflower biodiesel production and application in family farms in Brazil. *Fuel* 89: 3718-3724.
- Qian JF, Wang F, Liu S, Yun Z. 2008. In situ alkaline transesterification of cottonseed oil for production of biodiesel and nontoxic cottonseed meal. *Bioresource Technology* 99: 9009-9012.
- Shuit SH, Lee KT, Kamaruddin AH, Yusup S. 2010. Reactive extraction and in situ transesterification of *Jatropha curcas* L. seeds for the production of biodiesel. *Fuel* 89: 527-530.
- Utami SW. 2010. Kajian Proses Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi *In Situ* Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Berbagai Kondisi Operasi [Skripsi]. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Van Gerpen J. 2005. *The Basic of Diesel Engines and Diesel Fuels*. Dalam: Knothe G, Van Gerpen J dan Krahl J. (eds). The Biodiesel Handbook. United States of America: Am. Oil Chem. Soc. Press.
- Xie WL, Huang XM. 2006. Synthesis of biodiesel from soybean oil using heterogeneous KF/ZnO catalyst. *Catal. Lett.* 107: 53-59.
- Yulianingtyas P. 2011. Kajian Proses Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi *In Situ* Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Pada Skala Pilot [Skripsi]. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.