

OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KARET DENGAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*

Zulfansyah, Muhammad Iwan Fermi, Cici Maa Rasyid
Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses
Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau Kampus Binawidya Pekanbaru 28293
zulfansyah@unri.ac.id

Abstract

Response surface method was used for the evaluation of the effects of various factors on the synthesis of biodiesel from rubber seed oil with sodium hydroxide as the catalyst. The production of biodiesel was optimized and model response equation was obtained, and able to predict the biodiesel production from the values of the three main factors. It would seem that the catalyst concentration and oil/methanol ratio predominately determined the reaction conversion, while the reaction temperature had no significant effect on the yield of biodiesel. The catalyst concentration and oil/methanol ratio showed positive effects on the perolehan of biodiesel. However, there were no significant interactions among the variables according to test of statistic significance. The yield of biodiesel product predicted at the optimum condition was 86%. Finally, biodiesel from rubber seed oil at the optimum condition has density of 882 kg/m³, kinematic viscosity at 40°C was 7.70 mm²/s, flash point at 23°C, cetane number was 62,06 and acid value was 0,16 mg KOH/g.

Keywords : Biodiesel, rubber seed oil, esterifications, RSM

1. Pendahuluan

Biodiesel atau ester metil asam lemak merupakan bahan bakar alternatif yang pengembangannya sangat marak dilakukan akhir-akhir ini. Keunggulan utama biodiesel adalah bersumber dari bahan yang dapat diperbaharui dan lebih ramah lingkungan. Menipisnya cadangan minyak bumi nasional telah mendorong berkembangnya penggunaan biodiesel di Indonesia, agar mampu mengimbangi tingkat konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) yang selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Bahan baku biodiesel yang paling mudah didapat di Indonesia adalah *Crude Palm Oil* (CPO). Namun demikian, penggunaan CPO sebagai bahan baku biodiesel dikhawatirkan akan mengganggu pasokan bahan baku pangan dari CPO. Persaingan pasokan bahan baku CPO untuk industri pangan dan industri biodiesel telah mengakibatkan naiknya harga produk dari industri makanan, seperti minyak goreng. Untuk mengatasi terjadinya persaingan bahan baku tersebut, maka diperlukan alternatif bahan baku untuk memproduksi biodiesel, seperti dari minyak-minyak yang tidak dapat dimakan (*non-edible oil*). Salah satu bahan baku alternatif yang mungkin dapat dikembangkan adalah minyak biji karet.

Biji karet merupakan hasil samping dari tanaman karet (*Hevea brasiliensis*), yang selama ini pemanfaatannya hanya untuk pembibitan. Padahal dalam daging biji karet tersebut terdapat minyak yang dapat dikonversi menjadi biodiesel. Minyak biji karet dihasilkan melalui proses pengempaan biji karet atau ekstraksi menggunakan pelarut, dengan jumlah minyak sekitar 40 – 50% [Ramadhas dkk. 2005]. Sampai tahun 2005, luas perkebunan karet di Indonesia mencapai 3 juta ha, yang tersebar di beberapa daerah [SIPID, 2007]. Jika setiap hektar tanaman karet dapat menghasilkan biji karet sebanyak 150 kg pertahun [Ramadhas dkk. 2005], maka diperkirakan akan tersedia sumber minyak biji karet kotor sebanyak 180.000 – 225.000 ton di Indonesia. Sehingga, minyak biji karet sangat berpotensi untuk diolah menjadi sumber energi alternatif yang bernilai ekonomis.

Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji karet telah dilakukan oleh beberapa peneliti [Ikwuagwu dkk. 2000, Ramadhas dkk. 2005, Sulistyio dkk. 2006, Palupi dan Anggoro 2007], dan membuktikan bahwa minyak biji karet dapat dikonversi menjadi biodiesel. Secara umum proses esterifikasi dan transesterifikasi minyak biji karet dipengaruhi oleh perbandingan mol minyak dan alkohol, konsentrasi dan jenis katalis, suhu dan waktu reaksi. Proses transesterifikasi minyak biji karet sebaiknya melalui proses pemurnian minyak untuk menghilangkan pengotor minyak, seperti gum dan tingginya kadar asam linolelat (>12%) yang terdapat dalam minyak [Ikwuagwu dkk. 2000, Palupi dan Anggoro, 2007]. Sedangkan untuk minyak biji karet yang berkadar asam lemak bebas tinggi, proses konversi dilakukan secara dua tahap, esterifikasi dan transesterifikasi [Ramadhas dkk. 2005]. Katalis NaOH ternyata lebih baik digunakan dibandingkan KOH, untuk proses transesterifikasi minyak biji karet menjadi biodiesel [Palupi dan Anggoro, 2007].

Namun demikian, hasil-hasil penelitian tersebut masih menunjukkan keragaman pengaruh beberapa faktor dalam reaksi transesterifikasi terhadap perolehan produk biodiesel. Sulistyio dkk. [2006] melaporkan bahwa perbandingan molar reaktan (rasio mol alkohol terhadap minyak) sebesar 6:1 akan memberikan konversi yang maksimum dalam reaksi transesterifikasi minyak biji karet. Sedangkan Ramadhas dkk. [2005] mengemukakan bahwa perolehan ester maksimum dicapai pada saat perbandingan molar reaktan 9:1. Pengaruh suhu reaksi dipelajari oleh Ramadhas dkk. [2005] dan memberikan perolehan ester maksimum pada suhu reaksi 45°C. Sedangkan, Sulistyio dkk. [2006] mengemukakan bahwa konversi tertinggi dicapai pada suhu reaksi 70°C. Keragaman hasil pengaruh faktor tersebut terhadap perolehan maksimum biodiesel disebabkan percobaan

yang dilakukan, hanya mengkaji pengaruh satu faktor pada variasi percobaan (*one factor at time*), dan tidak memperlihatkan pengaruh interaksi faktor-faktor dalam reaksi transesterifikasi. Karena itu, optimasi produksi biodiesel dari berbagai faktor yang terkait sangat penting dilakukan untuk pengembangan proses produksi biodiesel yang efisien dari minyak biji karet.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh berberapa faktor pada proses produksi biodiesel dari minyak biji karet. Metode *response surface* dan disain percobaan *Central Composite (CCD)* 3 level 3 faktor, digunakan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya terhadap proses produksi biodiesel dari minyak biji karet. Selain itu kondisi proses optimum yang menghasilkan perolehan biodiesel maksimum akan diperoleh dari penelitian ini. Sehingga, upaya pemanfaatan minyak biji karet sebagai bahan baku alternatif produksi biodiesel dapat memberikan manfaat dan meningkatkan teknologi sumber energi baru.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan minyak biji karet dan metanol sebagai bahan baku. Sedangkan katalis yang digunakan adalah NaOH. Minyak biji karet diperoleh melalui pengepresan biji karet secara mekanis menggunakan *screw press*. Sebelum digunakan, minyak biji karet yang diperoleh dari pengepresan, dianalisa karakteristiknya meliputi kadar asam lemak bebas, kadar air, massa jenis dan viskositas.

Percobaan pembuatan biodiesel dilakukan dalam reaktor *batch* bervolume 500 ml. Reaktor yang digunakan adalah labu leher dua, dengan pasokan energi menggunakan *hotplate* yang dilengkapi pengaduk magnetik. Reaktor transesterifikasi juga dilengkapi termokopel, sebagai indikator suhu, dan kondensor untuk menjaga volume reaktan tetap. Katalis NaOH dilarutkan terlebih dahulu dengan metanol, kemudian campuran NaOH dan metanol tersebut, beserta minyak biji karet dimasukkan ke dalam labu leher dua untuk direaksikan. Proses reaksi transesterifikasi minyak biji karet dilakukan selama 75 menit, pada setiap variasi kondisi operasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Setelah reaksi berlangsung, kemudian dilakukan pemisahan antara ester metil dan gliserol.

Produk biodiesel yang diperoleh masih dalam bentuk *crude* biodiesel dan perlu dilakukan pencucian dengan menggunakan air hangat (50 – 60°C), dengan perbandingan air terhadap *crude* biodiesel 1:1. Kemudian campuran tersebut diaduk selama ± 5 menit untuk melarutkan metanol dan sabun, dan didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua

lapisan. Lapisan atas yang berwarna terang adalah produk biodiesel sedangkan lapisan bawah berwarna putih susu adalah emulsi, yang merupakan campuran sabun, metanol sisa reaksi dan air pencuci. Biodiesel dipisahkan dari emulsi kemudian dikeringkan dan selanjutnya ditimbang beratnya untuk mengetahui perolehan (*yield*) biodiesel yang terbentuk. Analisis karakteristik biodiesel hasil kondisi proses optimum yang dilakukan meliputi massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala (*flash point*), kadar air, angka setana, dan angka asam.

Rangkaian percobaan dilakukan dengan disain percobaan CCD, untuk melihat pengaruh linier, kuadratik dan interaksi tiga faktor yang berpengaruh terhadap produksi biodiesel pada tiga tingkatan berbeda. Faktor-faktor yang dipelajari adalah perbandingan reaktan pada dari 1:5 hingga 1:7, konsentrasi NaOH katalis dari 0,5 hingga 1,5%, dan suhu reaksi dari 40 hingga 60°C. Metode *response surface* digunakan untuk mengevaluasi data percobaan, dan persamaan orde dua diujikan kepada variabel respon (perolehan biodiesel). Koefisien-koefisien fungsi respon dan signifikansi statistik dievaluasi dengan metode *least squares* dengan software MS Excel. Fisher test digunakan untuk menentukan kesesuaian model, sedangkan *student distribution* test digunakan untuk mengevaluasi signifikansi model.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Minyak Biji Karet

Minyak biji karet diperoleh dari ekstraksi mekanik dengan *screw press* daging biji karet yang telah dipisahkan dari cangkangnya. Daging biji karet berbentuk oval, berwarna krem berlurik coklat, dengan berat rata-rata 2,265 gr. Perolehan minyak biji karet hasil ekstraksi menggunakan *screw press* adalah sebesar 21,82%. Hasil ini cukup berimbang jika dibandingkan dengan perolehan ekstraksi menggunakan *hydraulic press*, 27% [Palupi dan Anggoro 2006]. Perolehan minyak yang lebih banyak bisa dilakukan dengan ekstraksi pelarut, memberikan perolehan sekitar 45,63% [Ikwuagwu dkk. 1999]. Kualitas minyak biji karet yang diperoleh cukup baik, berkadar ALB rendah, dan kadar air dibawah kadar air maksimum yang dianjurkan untuk bahan baku biodiesel (<0,5%). Kemudian, nilai angka iodium minyak biji karet yang diperoleh juga cukup kecil (<115 gr I₂/100g). Sehingga proses pemurnian bahan baku tidak diperlukan, dan minyak biji karet yang diperoleh dapat direaksikan langsung dengan metanol untuk menghasilkan biodiesel

melalui proses transesterifikasi. Selengkapnya, karakteristik minyak biji karet yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik minyak biji karet sebagai bahan baku biodiesel

Karakteristik	Satuan	Nilai
Kadar asam lemak bebas (ALB)	%	3,23
Bilangan Iod	gr Iod /100 gr	31,72
Kadar air air	%	0,220
Massa jenis	gr/ml	0,918
Viskositas kinematik (40 °C)	mm ² /s	47,66

Optimasi Produksi Biodiesel

Metode *response surface* digunakan untuk mengoptimasi produksi biodiesel dan mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses transesterifikasi minyak biji karet dengan katalis NaOH. Hasil percobaan transesterifikasi minyak biji karet pada berbagai variasi kondisi proses disajikan dalam Tabel 2. Untuk mempelajari pengaruh faktor-faktor konsentrasi katalis (X_1), rasio molar reaktan (X_2), dan suhu reaksi (X_3) terhadap perolehan biodiesel (Y), tingkatan faktor dibuat dalam kode (-1, 0, 1), dengan *star point* $\alpha = 1,682$ (Tabel 3) [Montgomery, 1991].

Tabel 2. Hasil percobaan pada variasi kondisi proses orde dua

Run	Natural Variables			Coded Variables			Yield (%)
	Konsentrasi Katalis (%)	Rasio Reaktan	Suhu (°C)	X_1	X_2	X_3	
1	0,5	5	60	-1	-1	-1	5.40
2	0,5	5	80	-1	-1	1	1.13
3	0,5	7	60	-1	1	-1	17.83
4	0,5	7	80	-1	1	1	12.25
5	1,5	5	60	1	-1	-1	53.03
6	1,5	5	80	1	-1	1	45.23
7	1,5	7	60	1	1	-1	62.95
8	1,5	7	80	1	1	1	65.73
9	1,0	6	70	0	0	0	73.45
10	1,0	6	70	0	0	0	79.98
11	1,0	6	70	0	0	0	83.03
12	1,0	6	70	0	0	0	81.28
13	1,0	6	70	0	0	0	82.45
14	1,0	6	70	0	0	0	81.90
15	0,16	6	50	-1,682	0	0	6.80
16	1,84	6	50	1,682	0	0	20.23
17	1	4,32	50	0	-1.682	0	0.65
18	1	7,68	50	0	1,682	0	81.28
19	1	6	33,18	0	0	-1,682	83.25

Run	Natural Variables			Coded Variables			Yield (%)
	Konsentrasi Katalis (%)	Rasio Reaktan	Suhu (°C)	X ₁	X ₂	X ₃	
20	1	6	66,82	0	0	1,682	85.28

Tabel 3. Kode variabel pada tempuhan model orde dua

Perlakuan	Satuan	Level				
		- α	-1	0	1	α
Konsentrasi Katalis (X ₁)	%	0,16	0,5	1	1,5	1,84
Rasio Molar Reaktan (X ₂)	mol	4,32	5	6	7	7,68
Suhu Reaksi (X ₃)	°C	33,18	40	50	60	66,82

Berdasarkan hasil percobaan tersebut didapatkan persamaan model orde dua dalam bentuk variabel kode. Persamaan yang dibentuk menggambarkan hubungan antara perolehan biodiesel (Y) sebagai fungsi konsentrasi katalis (X₁), rasio molar reaktan (X₂), dan suhu reaksi (X₃). Model orde dua yang dibentuk dapat digunakan untuk memperkirakan respon dengan koefisien determinasi, R² = 0,87 pada tingkat signifikansi 95%, selengkapnya hasil analisis statistik pengujian model terhadap data percobaan ditampilkan dalam Tabel 4. Konsentrasi katalis (X₁) dan rasio molar reaktan (X₂) merupakan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap perolehan biodiesel, sebaliknya suhu reaksi (X₃) ternyata tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Faktor kuadrat konsentrasi katalis (X₁²) dan kuadrat rasio molar reaktan (X₂²) ternyata memberikan pengaruh yang negatif terhadap respon perolehan biodiesel. Sedangkan interaksi faktor-faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perolehan biodiesel. Model orde dua yang dibentuk, setelah mengeliminasi faktor-faktor yang tidak berpengaruh pada tingkat signifikansi 95% dengan uji-t, disajikan dalam persamaan 1.

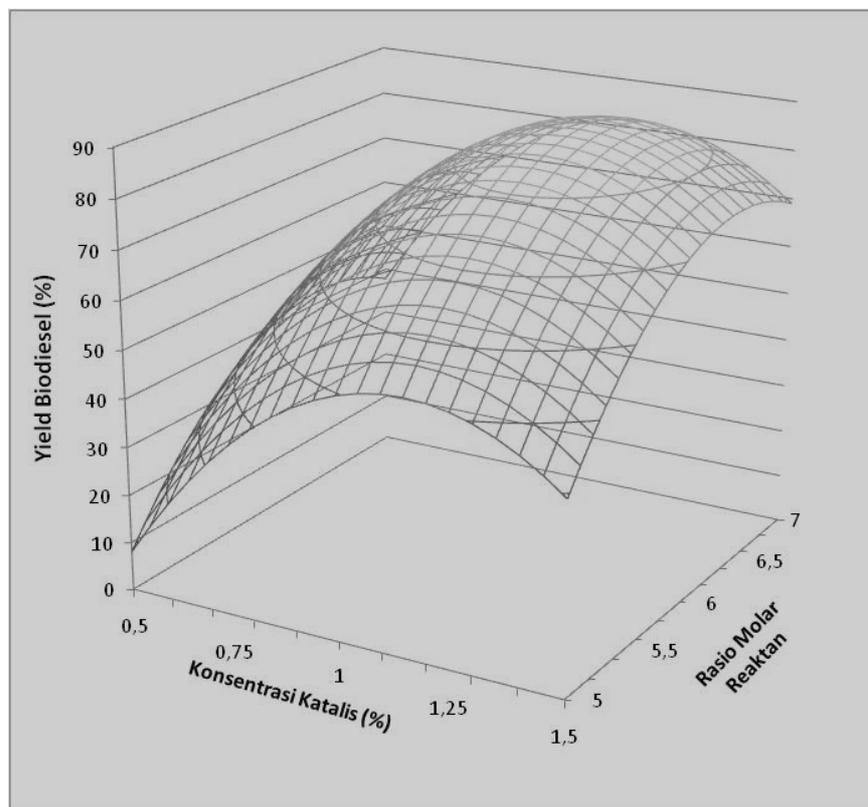
$$Y = 80,805 + 15,589 X_1 + 14,880 X_2 - 26,000 X_1^2 - 16,295 X_2^2 \quad (1)$$

dengan, Y = Perolehan biodiesel
X₁ = Konsentrasi katalis
X₂ = rasio molar reaktan

Tabel 4 Analisa varian untuk kesesuaian model orde dua

Varians	Sum of Square`	Degree of Freedom	Mean Square	F ₀
Regresi	18577,01	9	2068,11	7,41
Error/Residual	2785,54	10	278,55	
Total	21362,54	19	1124,34	
R ²	0,87			

Perkiraan perolehan biodiesel sebagai fungsi variabel-variabel proses yang diperoleh dari analisis *response surface methodology* disajikan grafik *response surface*, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Secara keseluruhan perolehan biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 60 – 83%, yang bervariasi menurut variabel proses. Hasil penelitian cukup berimbang jika dibandingkan hasil penelitian sebelumnya. Ikwuagwu dkk. [2000] mengkaji percobaan pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan katalis NaOH dengan perolehan biodiesel terbesar 84%. Kemudian, Ramadhas dkk. [2005] melaporkan bahwa konversi tertinggi reaksi transesterifikasi minyak biji karet berkatalis NaOH adalah sebesar 98%. Sedangkan, Sulistiyo dkk. [2006] mendapatkan konversi maksimum reaksi transesterifikasi minyak biji karet sebesar 77,23%.



Gambar 1. Variasi perolehan biodiesel terhadap konsentrasi katalis dan rasio reaktan

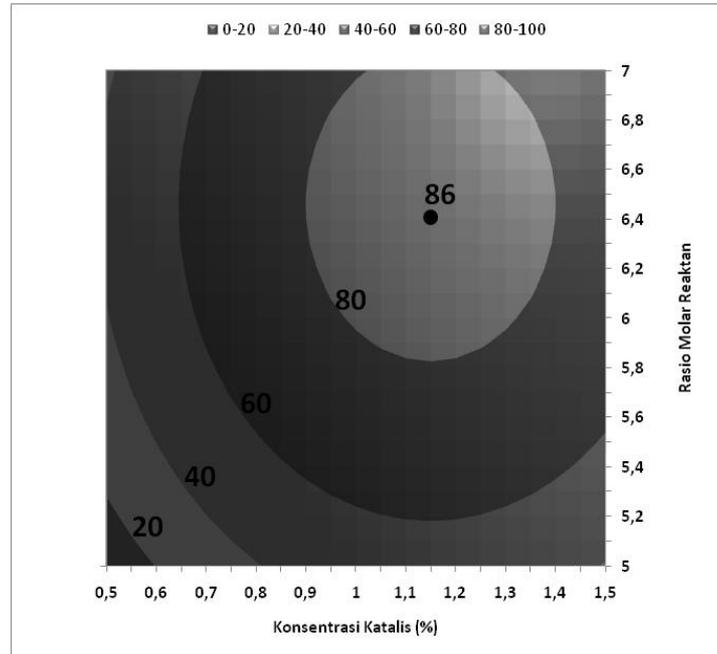
Peningkatan rasio molar reaktan memberikan pengaruh yang nyata terhadap perolehan biodiesel yang dihasilkan. Gambar 1. memperlihatkan bahwa peningkatan rasio molar reaktan dari 5 hingga 6,5 cenderung meningkatkan reaksi. Namun, pada rasio molar

reaktan yang lebih tinggi ($>6,5$ mol) justru menyebabkan terjadinya penurunan terhadap perolehan biodiesel. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Sulistiyo dkk. [2006], penurunan konversi reaksi mulai terjadi pada rasio molar reaktan besar dari 6. Penurunan perolehan biodiesel disebabkan metanol yang berlebih terlarut dalam gliserol yang terbentuk, sehingga metanol yang bereaksi dengan trigliserida semakin berkurang [Yoeswono dkk. 2006]. Selain itu keberadaan gliserol yang tinggi dalam biodiesel dapat menyebabkan reaksi berbalik arah sehingga mengurangi perolehan biodiesel.

Peningkatan konsentrasi katalis juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap perolehan biodiesel. Peningkatan konsentrasi katalis dari 0,5% hingga 1% menyebabkan terjadinya kenaikan perolehan biodiesel dan cenderung menurun pada konsentrasi katalis lebih dari 1,15%. Beberapa peneliti terdahulu juga memperoleh hasil yang hampir sama [Yoeswono dkk. 2006, Igwuagwu dkk. 2000]. Baik katalis NaOH maupun KOH, pada konsentrasi katalis yang lebih besar dari 1% akan menghambat proses transesterifikasi dan mengakibatkan turunnya perolehan biodiesel. Penurunan perolehan biodiesel akibat penambahan katalis berlebih disebabkan terbentuknya emulsi dari reaksi penyabunan. Reaksi penyabunan tersebut akan mengambil sejumlah ester metil yang telah terbentuk. Sehingga akan mengurangi perolehan biodiesel serta menyulitkan proses pemurnian biodiesel yang terbentuk [Yoeswono dkk. 2006].

Pada rentang suhu reaksi yang dipelajari ($40 - 60^{\circ}\text{C}$), ternyata suhu reaksi tidak berpengaruh secara nyata terhadap perolehan biodiesel. Sedangkan menurut Sulistyio dkk. [2006], suhu reaksi memberikan pengaruh terhadap konversi reaksi transesterifikasi minyak biji karet. Walaupun demikian, konversi reaksi maksimum (77,23%) didapatkan dengan waktu reaksi 75 menit pada suhu reaksi terendah dari variasi suhu yang dilakukan ($30 - 70^{\circ}\text{C}$). Chitra dkk. [2005] mengemukakan bahwa reaksi pembentukan biodiesel seharusnya dilakukan pada suhu dibawah titik didih metanol (65°C), agar tidak ada metanol yang terbuang selama proses berlangsung.

Respon optimum variabel respon yang memberikan perolehan biodiesel maksimum dicari dengan metode *direct search* untuk beberapa perubah bebas. Perhitungan respon maksimum dan minimum dilakukan dengan bantuan program *Excel's solver*. Hasil perhitungan respon optimum memberikan perolehan sebesar 86%, pada kondisi operasi konsentrasi katalis NaOH sebesar 1,15% dan molar rasio reaktan 6,4. Sebaran optimasi nilai perolehan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kontur respon perolehan biodiesel dari minyak biji karet

Kualitas biodiesel yang dihasilkan dari kondisi operasi optimum variabel respon ditampilkan dalam Tabel 5. Biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji karet dalam penelitian ini berkulaitas cukup baik. Sebagian besar karakteristik biodiesel yang diuji berada dalam rentang SNI Biodiesel. Biodiesel dengan massa jenis 882 kg/m^3 dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna. Namun demikian, karakteristik viskositas kinematik dari biodiesel dari minyak biji karet ini lebih besar dari ketentuan standar.

Tabel 5. Perbandingan karakteristik biodiesel dari biji karet

Karakteristik	Satuan	Biodiesel Hasil Penelitian	SNI Biodiesel
Massa jenis	Kg/m^3	882	850 – 890
Viskositas kinematik (40°C)	mm^2/s	7,70	2,3 – 6,0
Titik nyala	°C	238	min. 100
Angka setana	-	62,06	min. 51
Angka asam	mg KOH/g	0,16	max. 0,8

Titik nyala yang dihasilkan dari biodiesel penelitian ini adalah 238°C . Hasil ini sebanding dengan biodiesel yang diperoleh Ikwuagwu dkk. [2000] yakni sebesar 235°C . Angka setana cukup tinggi (62,06), menunjukkan bahwa biodiesel dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah sehingga akan mudah terbakar. Sedangkan angka asam yang dimiliki biodiesel dari minyak biji karet ini juga sangat rendah. Dengan demikian, biodiesel tersebut tidak bersifat korosif dan tidak merusak injektor mesin diesel.

4. Kesimpulan

Transesterifikasi minyak biji karet dengan katalis NaOH pada berbagai kondisi operasi dapat menghasilkan biodiesel dengan perolehan yang cukup tinggi. Disain percobaan *central composite* 3^3 digunakan pada percobaan dan metode *response surface* diaplikasikan untuk menentukan kondisi optimum proses pembuatan biodiesel dari minyak biji karet. Pada kondisi optimum dihasilkan biodiesel dengan perolehan 86%, pada rasio molar reaktan 6,4 dan konsentrasi katalis NaOH 1,15%. Biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji karet berkualitas cukup baik, namun masih belum bisa digunakan sepenuhnya sebagai bahan bakar, karena viskositasnya melebihi standar.

Daftar Pustaka

1. Chitra, P., Venkatachalam, P., Sampathrajan, A., 2005. Optimisation of Experimental Conditions for Biodiesel Production from Alkali-catalysed Transesterification of *Jatropha Curcus* Oil. **Energy for Sustainable Development**, vol IX no.3.
2. Ikwuagwu, O.E., Ononogbu, I.C., Njoku, O.U. 2000. Production of Biodiesel Using Rubber [*Hevea brasiliensis* (Kunth. Muell.)]. **Industrial Crops and Products**, 12. Pp 57-62.
3. Montgomery, Douglas C. 1991. **Design and Analysis of Experiments**, 3rd ed. John Wiley and Sons Inc. Singapore.
4. Palupi, S. dan Anggoro, D.D., 2007. Transesterifikasi Minyak Biji Karet dengan Katalis NaOH dan KOH. **Prosiding Seminar Ulang Tahun Universitas Diponegoro 2007**. Semarang.
5. Ramadhas, A.S., Jayaray. S., Muraleedharan. C., 2005. Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil. **Fuel**, 84. pp 335-340.
6. Shintawaty, A., 2006. **Prospek Pengembangan Biodiesel dan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Alternatif di Indonesia** [Internet]. Available from:< www.bni.co.id/Portals/0/Document/prospect.pdf > [Accessed on 12 September 2007]
7. SIPID. **Profil Daerah Riau, Ketersediaan Lahan** [Internet]. Available from:< regionalinvestment.com/sipid/id/komoditiketersediaanlahan.php > [Accessed on 12 September 2007].
8. Sulistyono, H., Suardjaja, I.M., Rahayu, S.S., 2006. Pengolahan Minyak Biji Karet Menjadi Biodiesel. **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2006**. Palembang..
9. Van Gerpen, J., 2004. **Biodiesel Production Technologies** [Internet]. Available from:< [www.cisat.jmu.edu/biodiesel/presentations/Biodiesel%20Production%20Technologies - VanGerpen%20p%20presentation](http://www.cisat.jmu.edu/biodiesel/presentations/Biodiesel%20Production%20Technologies-VanGerpen%20p%20presentation) > [Accessed on 12 September 2007].
10. Yoeswono, Sibarani, J., Khairi, S., 2008. **Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Katalis Basa Pada Reaksi Transesterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel**. PKMI 2008.