

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI BUAH JARAK PAGAR (*Jatropha curcas*) DENGAN METODE TAGUCHI

Ridwan^{1*}

¹Department of Chemical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic, Lhokseumawe City
*Email: ridwan.kimia@yahoo.com

ABSTRAK

Krisis energi menyebabkan harga minyak bumi semakin meningkat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dicari bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan minyak tumbuhan Jarak (*Jatropha curcas*) untuk menghasilkan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi. Kualitas merupakan faktor terpenting untuk mendapatkan kepuasan konsumen. Kualitas akan lebih baik apabila proses tersebut berjalan dengan konsisten. Metode Peta Kendali (Control Chart) digunakan untuk melihat keadaan dari proses produksi yang berjalan, kemudian dilakukan perbaikan melalui pendekatan metode Taguchi. Perbaikan berawal dari pemilihan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas tersebut beserta nilai level, yang kemudian menjadi dasar dalam pemilihan Orthogonal Array. Hasil analisa diolah dengan menggunakan noise signal to ratio (SNR) dan analysis of variance. Berdasarkan penelitian tersebut didapat hasil bahwa setting level terbaik untuk faktor kendali yang berpengaruh terhadap kontribusi nilai flash point dari biodiesel sebesar 71,704 % adalah dengan pengaturan rasio minyak jarak dan solven 1 : 3 pada level 2.

Keywords: Biodiesel, Tumbuhan Jarak, Metode Taguchi

ABSTRACT

The energy crisis causes oil prices to increase. To overcome this problem, it is necessary to look for alternative fuels. This research aims to utilize castor oil (*Jatropha curcas*) to produce biodiesel through a transesterification reaction. Quality is the most important factor in getting consumer satisfaction. Quality will be better if the process runs consistently. The Control Chart method is used to see the state of the ongoing production process, then improvements are made using the Taguchi method approach. Improvement begins with the selection of factors that influence the quality characteristics along with the level of value, which then becomes the basis for selecting the Orthogonal Array. The analysis results are processed using noise signal to ratio (SNR) and variance analysis. Based on this research, the results showed that the best level setting for the control factors that influence the contribution of the flash point value of biodiesel of 71.704% is by setting the ratio of castor oil and solvent to 1:3 at level 2.

Keywords: Biodiesel, Castor Plants, Taguchi Method

PENDAHULUAN

Krisis energi telah memicu meningkatnya harga bahan bakar. Sumber bahan bakar utama saat ini berasal dari gas dan minyak bumi, yang merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (non renewable resources). Oleh karena itu, sudah saatnya dilakukan pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, seperti bahan bakar biodiesel yang berasal dari tumbuhan.

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki sumber daya alam nabati melimpah. Salah satunya adalah tumbuhan jarak pagar

(*Jatropha curcas*). Minyak Jarak dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatannya telah dilakukan sejak era 1940-an sebagai bahan bakar mesin perang. Namun dengan meningkatnya trend penggunaan BBM dari minyak fosil, penggunaan bahan bakar minyak jarak menjadi terlupakan.

Saat ini kualitas produk menjadi suatu hal yang penting. Produk dari sebuah proses produksi seringkali tidak semua dapat mencapai standar kualitas yang ditetapkan. Ada produk yang tidak sesuai mutunya menyebabkan target yang diharapkan tidak tercapai. Salah satu cara

mempertahankan dan meningkatkan mutu produk adalah dengan memperbaiki proses produksi tersebut.

Usaha perbaikan proses dapat dilakukan dengan melihat faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pembuatan biodiesel. Untuk mengetahui adanya suatu mutu produk yang kurang baik maka evaluasi terhadap mutu produk sangatlah diperlukan. Tindak lanjut dari evaluasi ini dapat berupa suatu perbaikan terhadap proses tersebut agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan mutu yang diharapkan.

Analisis ini bertujuan untuk memonitor proses dan selanjutnya memperbaiki kinerja proses produksi terhadap karakteristik mutu yang terkandung dalam produk biodiesel, dalam hal ini karakteristik mutu yang dimaksud adalah nilai flash point. Kemudian dilakukan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik mutu tersebut serta menentukan setting level terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk.

Dalam suatu proses sering terjadi adanya penyimpangan yang disebabkan oleh adanya variasi-variasi sehingga produk yang diharapkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada dasarnya variasi-variasi tersebut terjadi karena sumber-sumber yang tidak diinginkan.

Peta kendali merupakan teknik pengendalian suatu proses agar dapat berjalan dengan produktivitas yang tinggi dan memberikan output yang sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang diinginkan manajemen. Control Chart (Peta Kendali) digunakan untuk menghilangkan variasi tak normal yang disebabkan oleh penyebab khusus (special cause variation) dari variasi yang disebabkan oleh penyebab umum (common cause variation).

Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah merancang kualitas ke dalam produk yang dimulai sejak tahap desain produk. Kualitas yang rendah tidak dapat diperbaiki dengan proses inspeksi atau pemeriksaan (inspection) dan penyaringan (screening). Masalah pengendalian kualitas modern tidak lagi didominasi oleh aktifitas-aktifitas pengendalian proses dan inspeksi, tetapi sudah harus dimulai pada tahap yang lebih awal yaitu tahap desain produk (Balevandrum, 1995).

Fungsi Kerugian Mutu (Quality Loss Function) digunakan untuk mengetahui besarnya kerugian akibat dari produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan salah satu cara adalah dengan melakukan pengukuran fungsi kerugian kualitas (QLF). Fungsi kerugian

kualitas dapat ditunjukkan rumus kuadrat sederhana yaitu :

$$L(y) = k \cdot D^2 \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

$L(y)$ = kerugian;

K = konstanta ;

D = deviasi kuadrat dari nilai target

Dalam kenyataan, bila mutu suatu produk semakin dekat dengan nilai target, maka mutu yang dihasilkan semakin baik dan kerugian yang dirasakan akan semakin kecil, semakin jauh dari nilai target maka kerugian akan semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan dengan kuadrat Loss Function yang dipelopori oleh Taguchi. Taguchi menggolongkan fungsi kerugian kuadrat menjadi nominal the best atau smaller the better (Balevandrum, 1995).

Nominal the Best. Jenis ini digunakan bilamana karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol dan kerugian mutunya simetrik pada kedua sisi target. Persamaan fungsi kerugian mutu kuadrat jenis ini dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k(y-m)^2 \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

y = nilai respon dari karakteristik mutu

m = nilai target dari karakteristik mutu

k = koefisien biaya

Smaller the Better. Jenis ini digunakan bilamana karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = ky^2 \dots \dots \dots (3)$$

Klasifikasi dan Morfologi Jarak Pagar

Tanaman Jarak Pagar termasuk famili Euphorbeaceae, atau famili dengan karet dan ubi kayu. Tanaman ini tergolong pada divisi Spermatophyte, subdivisi Angiospermae, kelas Dicotyledonae, ordo Euphorbiales, famili Euphorbeaceae, genus Jatropha dan spesies *Jatropha curcas* L.

Bentuknya berupa perdu dengan tinggi 1-7 m, bercabang tidak teratur, batangnya berkayu, silindris dan bila terluka mengeluarkan getah. Kandungan asam lemak esensial yang rendah menyebabkan minyak jarak berbeda dengan minyak nabati lainnya. Sifat fisik dan kimia minyak jarak ditampilkan pada Tabel 1.

Struktur kimia minyak jarak terdiri dari trigliserida dengan rantai asam lemak lurus (tidak

bercabang), dengan atau tanpa ikatan rangkap seperti minyak-minyak nabati lainnya. Struktur kimia minyak jarak diperlihatkan pada Gambar 1.

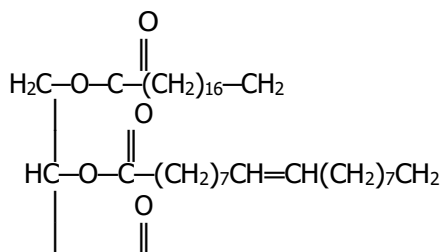
Struktur minyak jarak (*Jatropha curcas*) sangat berbeda dengan minyak jarak jenis *Ricinus Communis* (Castrol Oil) yang memiliki cabang hidroksil. Struktur Kimia Minyak Jarak *Ricinus communis* diperlihatkan pada Gambar 2. Perbedaan struktur ini menyebabkan penggunaan kedua minyak tersebut juga sangat berbeda. Minyak jarak jenis *Ricinus Communis* lebih cocok diaplikasikan sebagai bahan pelumas dibandingkan sebagai bahan bakar.

Secara ekonomi, tanaman jarak bisa dimanfaatkan seluruh bagiannya, mulai dari daun, buah, kulit batang, getah, dan batangnya. Daun bisa diekstraksi menjadi bahan pakan ulat sutera dan obat-obatan herbal, kulit batang dapat di ekstraksi menjadi tannin, getah bisa diekstraksi menjadi bahan bakar. Demikian juga bagian batang, bisa digunakan untuk kayu bakar.

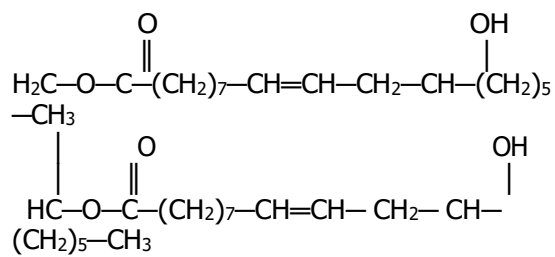
Tabel 1. Sifat Fisik Dan Kimia Minyak Jarak Pagar

Karakteristik	Nilai
Viskositas (gradner-hol), 20°C	U-V (6,3 – 8) 0,957 – 0,963
Bobot Jeis, 20/20 °C	0,4 4,0
Bilangan Asam	176 – 181
Bilangan Penyabunan	82 – 88
Bilangan Iod (wijs)	Bening
Warna (appearance)	Tidak lebih gelap dari 3
Warna Gardner (max)	
Indek Bias, n ²⁵ d	1,477 -1,478
Kelarutan Dalam Akohol	Jernih (tidak keruh)
Titik Nyala (Tag close cup)	230 °C
Titik Nyala (Cleveland open cup)	285 °C 449 °C
Antognition Temperatur	322 °C
Titik Api	Dec
Titik Didih	

Sumber: Darnoko (2001)



Gambar 1. Struktur Kimia Minyak Jarak *Jatropha curcas*



Gambar 2. Struktur Kimia Minyak Jarak *Ricinus communis*

Potensi terbesar tanaman jarak pagar ada pada buah yang terdiri dari biji dan cangkang (kulit). Pada biji terdapat inti biji dan kulit biji. Inti biji yang merupakan bahan dasar pembuatan biodiesel, sumber energi pengganti solar. Setelah melalui proses pemerahan, dari inti biji akan dihasilkan bungkil perahan, yang kemudian diekstraksi. Hasilnya berupa minyak jarak pagar dan bungkil ekstraksi.

Ukuran biji rata-rata 18 x 11 x 9 mm, berat 0,62 gram, dan terdiri atas 58,1 % biji inti berupa daging (kernel) dan 41,9 % kulit. Kulit hanya mengandung 0,8 % ekstrak eter. Kadar minyak (trigliserida) dalam inti biji ekuivalen dengan 55% atau 33% dari berat total biji. Asam lemak penyusun minyak jarak pagar terdiri atas 22,7% asam jenuh dan 77,3% asam tak jenuh. Kadar asam lemak minyak terdiri dari 17,0% asam palmiat, 5,6 % asam stearat, 37,1 % asam oleat, dan 40,2 % asam linoleat. Minyak jarak berwujud cairan bening berwarna kuning dan tidak menjadi keruh meski disimpan dalam waktu yang lama.

Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar berbasis minyak yang berasal dari minyak nabati atau hewani.

Bahan baku minyak nabati di Indonesia untuk pembuatan biodiesel begitu melimpah. Tulang punggungnya adalah minyak sawit. Namun, minyak sawit merupakan minyak pangan (edible oil/fat) sehingga kestabilan penyediaan biodiesel akan terganggu jika kebutuhan minyak pangan meningkat. Oleh karena itu, perlu ada bahan substitusi berupa minyak non pangan (non edible oil/fat). Pilihan alternatif adalah tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*).

Jarak Pagar dipilih sebagai bahan baku biodiesel karena saat ini tidak memiliki nilai ekonomi dan tumbuh liar, dapat tumbuh di lahan kritis, tidak membutuhkan banyak air dan pupuk, serta mudah dalam pemeliharaan. Tanaman jarak pada umumnya dapat dipanen setelah berusia enam sampai delapan bulan. Namun, baru mampu menghasilkan buah yang optimal pada

usia lima tahun. Proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah pengukusan terhadap biji jarak. Tujuannya adalah untuk melepaskan enzim-enzim yang tidak diperlukan, enzim-enzim tersebut dapat mengurangi kualitas minyak jarak. Tahap kedua adalah proses ekstraksi biji jarak pagar menggunakan pelarut metanol. Agar terbentuk biodiesel, maka pada proses ekstraksi ditambahkan katalis NaOH untuk mendorong terjadinya reaksi transesterifikasi. Tahap akhir adalah proses pemurnian terhadap minyak biodiesel yang diperoleh.

Pelarut Alkohol dan Katalis

Untuk membuat biodiesel, ester dalam minyak nabati perlu dipisahkan dari gliserol. Ester tersebut merupakan bahan dasar penyusun biodiesel. Selama proses transesterifikasi, komponen gliserol dari minyak nabati digantikan oleh alkohol. Alkohol yang paling umum digunakan untuk proses transesterifikasi adalah metanol karena daya reaksinya lebih tinggi bila dibandingkan dari alkohol lain, disamping itu harganya juga murah.

Proses metanolisis berkatalis alkali dapat dilakukan pada suhu ruangan dan akan menghasilkan ester lebih dari 80% beberapa saat setelah reaksi dilangsungkan. Pemisahan ester dan gliserol berlangsung cepat dan sempurna.

Untuk mendapatkan konversi biodiesel yang tinggi, maka dilakukan penambahan katalis pada proses reaksi trans esterifikasi. Katalis yang mungkin digunakan untuk metil ester adalah Natrium Hidroksida (NaOH) yang disebut juga dengan soda api atau Kalium Hidroksida (KOH), keduanya dapat berbentuk serbuk, butiran atau pellet.

Untuk mendapatkan rendemen optimum, maka dapat dilakukan variasi terhadap temperatur reaksi dan lamanya waktu ekstraksi atau reaksi transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum proses operasi pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jarak ini dilakukan menggunakan metode ekstraksi. Pada proses ekstraksi, pengukusan biji jarak dan reaksi transesterifikasi terjadi secara simultan. Setelah biodiesel terbentuk, dilakukan pemisahan fasa dan pemurnian.

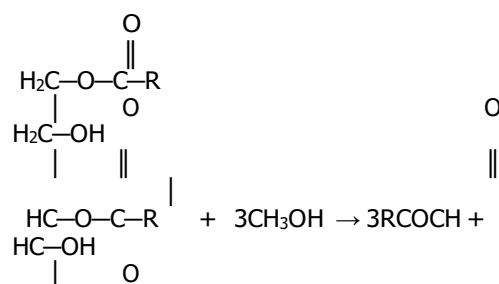
Tahap Pengukusan

Dua dua kilogram buah jarak di kukus selama satu setengah jam, kemudian dihancurkan

dengan blender. Hasilnya diperas sampai menghasilkan minyak. Pengukusan dilakukan pada kisaran temperatur 100oC.

Tahap Transesterifikasi

Produksi minyak biodiesel (Methyl Ester) terbentuk melalui proses kimia yang disebut reaksi transesterifikasi. Pada reaksi transesterifikasi, minyak jarak akan bereaksi dengan metanol membentuk methyl ester dan gliserol. Reaksi transesterifikasi akan dapat berlangsung baik jika dibantu oleh katalis basa. Pada penelitian ini, katalis yang digunakan adalah Natrium Hidroksida. Proses pembentukan methyl ester melalui reaksi transesterifikasi diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Menjadi Biodiesel (Darnoko, 2000)

Tabel 2. Nilai Level Faktor

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Waktu	2 jam	2,5 jam	3 jam
Temperatur	60°C	70°C	80°C
Rasio Minyak Jarak/Solven	1 : 2	1 : 3	1 : 4
Berat Katalis	2 %	3 %	4 %

Pemisahan Fasa

Setelah waktu ekstraksi atau reaksi transesterifikasi tercapai, campuran reaksi dibiarkan sampai terjadi pemisahan fasa. Fasa ester didekantasi dari campuran kesetimbangan. Methyl Ester diperoleh pada bagian lapisan atas atau up layer, sedangkan produk sampingnya yaitu gliserol akan terdapat pada bagian bawah atau bottom layer.

Perlakuan Percobaan

Penelitian dilakukan pada temperatur reaksi 60oC, 70oC, 80oC. Rasio minyak jarak dengan pelarut divariasikan pada perbandingan 1:3, 1:4 dan 1:5, sedangkan waktu operasi dipilih 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Berat katalis ditetapkan 2 % ,3 %, dan 4 % dari berat pelarut, kecepatan pengaduk dan konsentrasi metanol 89 % dibuat tetap. Variabel respon yang di ukur adalah persen berat produk (yield) Methyl Ester (Crude Methyl

Ester) dan uji karakteristik dilakukan pada yield maksimum yang diperoleh. Nilai level faktor dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengukuran karakteristik biodiesel yang dilakukan meliputi titik nyala (flash point) menggunakan metode ASTM 93, kekentalan (kinematic viscosity) menggunakan metode ASTM 1796 dan berat jenis serta kadar air menggunakan metode AOAC, 1995.

Penentuan jumlah level dan nilai level

Penentuan jumlah level mempunyai peranan penting karena berkaitan dengan ketelitian hasil percobaan dan ongkos percobaan. Level faktor dapat dinyatakan secara kuantitatif seperti suhu awal 600 C, 700 C, dan 800 C serta dapat juga dinyatakan secara kuantitatif seperti rendah dan tinggi.

Pada penelitian ini semua faktor dinyatakan dengan tiga level. Pemilihan matrik orthogonal array didasarkan pada identifikasi faktor-faktor, jumlah variabel atau faktor dan jumlah nilai level faktor tersebut. Karena jumlah perlakuan tiap faktor ada tiga nilai level maka rancangan orthogonal array yang digunakan adalah orthogonal array tiga level.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pemilihan matriks ortogonal dan penempatan faktor dalam matriks dilakukan, berikutnya adalah melakukan percobaan berdasarkan matriks tersebut. Hasil percobaan ini diperoleh dengan nilai flash point yang sebelumnya dibuat sesuai dengan matriks kombinasi level faktor. Untuk memperoleh taksiran yang lebih akurat mengenai efek dari suatu faktor, maka dilakukan pengulangan (replikasi) seperti terlihat padaTabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Eksperimen Nilai Flash Point Biodiesel

Indikator Kestabilan CO ₂ -O ₂										
No	Faktor				Pengulangan (R)			Jumlah	Rata-rata	Standar Deviasi
	A	B	C	D	1	2	3			
1	1	1	1	1	178	170	170	518	172	
2	1	2	2	2	162	160	168	490	163	
3	1	3	3	3	170	175	170	515	172	
4	2	1	2	1	160	160	165	485	162	
5	2	2	3	2	172	170	172	514	171	
6	2	3	1	1	165	160	173	510	168	
7	3	1	3	2	160	165	165	490	163	
8	3	2	1	3	165	160	160	485	162	
9	3	3	2	1	170	170	170	510	172	
Rata-rata									166	

Tabel 4. Analisis varians rata rata nilai flash point

Faktor	df	SS	Mq
A	2	214	107
B	2	171	85
C	2	3.391	1695
D	2	204	102
Error	0	749	0
St	8	4.729	
Mean	1	250.997	
SST	9	255.726	

Tabel 5. Hasil Pooled parsial 1 litersi 1

Faktor	Pooled	df	SS	Mq	F _{hitung}
A	Y	2	214	107	0,37
B	Y	2	171	85	0,29
C	Y	2	3.391	1695	5,81
D	Y	2	204	102	-
error	Y	0	749	0	-
Pooled	Y	4	1.167	291,81	1,00
St		8	4.729		
Mean		1	250.997		
SST		9	255.726		

Tabel 6. Persen kontribusi terhadap nilai flash point.

Faktor	SS	df	Mq	SS	P%	Rank	P _{max}
A	214	2	107	214	4,51%	0,37	19,0%
B	171	2	85	171	3,61%	0,29	19,0%
C	3391	2	1695	3391	71,70%	5,81	19,0%
Pooled	1167	4	291,81	1167	24,65%	1,00	19,0%
St	4729	8	4729	4729	100,00%		
Mean	250,997	1					
SST	255,726	9					

Berdasarkan Analisis Variansi Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 dapat diketahui secara statistik faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai flash point. Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisa varians setelah dilakukan terhadap faktor D, ada pengaruh faktor A, B, dan C. Ketiga faktor tersebut secara statistik dapat dilihat bahwa nilai-nilai dari hitungnya (F hitung) adalah lebih kecil dari nilai statistik tabel. Analisis variansi dalam perhitungan dilakukan pada ukuran nilai SNR. Dari ukuran nilai ini dapat diketahui bahwa ketiga faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap nilai variansi yang ditunjukkan oleh nilai SNR. Dari perhitungan ANOVA dapat diperkuat statemen bahwa secara statistik ketiga faktor yang telah diidentifikasi memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon, sehingga dapat digunakan untuk menentukan level dari faktor mana yang akan digunakan sebagai usulan perbaikan.

Dari Tabel 6 (kontribusi) faktor diatas bahwa hanya faktor C yang memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai flash point, yaitu sebesar 71,704 %, artinya faktor C adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai variasi rasio minyak jarak dan solvent.

KESIMPULAN

- Hasil uji varians antara hasil eksperimen rancangan dengan kondisi awal, memperlihatkan bahwa metode perancangan Taguchi dapat digunakan untuk menentukan faktor yang berpengaruh terhadap nilai flash point.
- Hasil penelitian rancangan usulan dan perbaikan mutu hasil kondisi awal maka rasio minyak jarak dan solvent adalah 1:3 pada level 2

DAFTAR PUSTAKA

Balevandrum, N., 1995, Quality by Design: Taguchi Technics for Industrial Expermentation, First Edition, Prentise Hall, London.

Methyl Esters From Vegetable Oils, JAOCS, Vol.75, hal 1167-1172.

Darnoko, D dan Cheryan, M., 2000, Kinetics of Palm Oil Transesterification, JAOCS, Vol.77.

Darnoko, D., Herawan, T dan Guritno, P., 2001, Teknologi Produksi Biodiesel Dan Prospek pengembangannya Di Indonesia, Warta PPKS, Vol.9. hal 17-27.