

OPTIMASI KONDISI PROSES KONVERSI BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID DISTILATE MENGGUNAKAN KATALIS H-ZEOLIT

Elvi Yenie, Ida Zahrina, Fadjril Akbar

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Email; elviyenie@yahoo.co.id

Abstrak

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tak dapat diperbarui dan suatu saat akan habis. Kenyataan yang demikian mendorong berbagai negara melakukan langkah-langkah penghematan dan melakukan berbagai penelitian untuk mendapatkan bahan bakar baru sebagai pengganti minyak bumi. Bahan bakar baru tersebut adalah biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Di sisi lain PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) yang merupakan produk samping dari pembuatan minyak goreng memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pembuatan biodiesel dari PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) dilakukan dengan reaksi esterifikasi. Esterifikasi adalah reaksi asam lemak bebas dengan alkohol membentuk ester dan air. Pada penelitian ini telah dipelajari pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol, suhu reaksi, dan waktu reaksi terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Variabel penelitian yang akan ditinjau yaitu nisbah molar umpan PFAD : methanol (1:0,4 – 1:12), suhu reaksi (70 °C - 100 °C), dan waktu reaksi (15 - 240 menit) terhadap perolehan konversi biodiesel. Rancangan percobaan menggunakan RSM (Response Surface Methode) sedangkan pengolahan datanya menggunakan software minitab 14. Dari hasil pengolahan data diperoleh konversi optimum biodiesel sebesar 26,29 % pada nisbah molar umpan PFAD : metanol 1: 8,25 mol, suhu reaksi pada 87,33 °C, dan waktu reaksi 36,77 menit.

Kata kunci : Biodiesel, , Esterifikasi PFAD, RSM (Response Surface Methode)

1. Pendahuluan

Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*) seperti BBM tingkat ketersediaannya semakin berkurang sedangkan konsumsi terhadap BBM mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (Syah, 2005). Sebagai contoh, produksi minyak bumi Indonesia telah mencapai puncaknya pada tahun 1977 yaitu sebesar 1,7 juta barel per hari terus menurun hingga tinggal 1,1 juta barel per hari pada tahun 2007. Di sisi lain konsumsi minyak bumi terus meningkat dan tercatat 0,98 juta barel per hari pada tahun 2001, menjadi 1,15 juta barel per hari pada tahun 2007, ini berarti Indonesia mengalami kekurangan pasokan BBM sekitar 0,05 juta barel per hari (Irawan, 2008). Oleh karena itu sudah saatnya dipikirkan cara untuk mengganti BBM yang bersumber dari minyak bumi dengan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*).

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yang terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui (*renewable*). Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk motor diesel. Berdasarkan jumlah ketersediaan dan potensi pengembangan tanaman untuk bahan baku maka biodiesel dengan bahan baku minyak kelapa sawit mempunyai prospek untuk dikembangkan.

Bahan baku biodiesel yang berasal dari pengolahan kelapa sawit berupa CPO (*Crude Palm Oil*), RBDPO (*refined bleached deodorized palm oil*), olein, stearin, dan PFAD (*palm fatty acid distillate*). Tetapi pemakaian CPO sebagai bahan baku biodiesel sangat bersaing karena CPO digunakan juga untuk pangan, oleh karena itu perlu dicari bahan baku biodiesel yang pemakaiannya tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia dan harganya murah.

Proses pembuatan minyak goreng dari CPO akan menghasilkan 73% olein, 21% stearin, 5-6% PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dan 0,5- 1% CPO parit. Olein digunakan untuk minyak goreng, sedangkan stearin digunakan untuk membuat margarin, shortening, bahan baku industri sabun dan deterjen. PFAD tidak digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan minyak goreng karena beracun. Sehingga PFAD sangat cocok dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena harganya yang relatif murah sekitar 80% dari harga CPO standar. Dengan tersedianya PFAD sekitar 0,21 juta ton/tahun, maka akan dihasilkan biodiesel sebesar 0,189 juta ton/tahun (Prihandana dkk, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol, suhu reaksi, dan waktu reaksi terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan.

2. Tinjauan Pustaka

Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk mengatasi permasalahan bahan bakar di Indonesia adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak memiliki efek terhadap kesehatan, dan dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel.

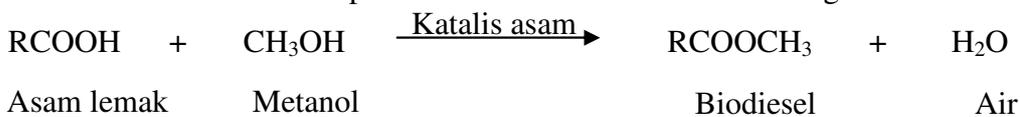
Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui (*renewable*). Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut transesterifikasi dimana reaksi antara senyawa ester (CPO/ minyak kelapa sawit) dengan

senyawa alkohol (metanol). Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil ester (biodiesel) dan gliserin (pada umumnya digunakan untuk pembuatan sabun dan produk lainnya).

PFAD (*palm fatty acid distillate*) merupakan produk samping minyak goreng, sangat cocok digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel mengingat harganya yang relatif murah (80% dari harga CPO standar) dan penggunaannya yang tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia. Pabrik minyak goreng dapat menghasilkan PFAD sekitar 6 % dari kebutuhan CPO-nya, sehingga setahun dapat mencapai 0,21 juta ton PFAD. Dengan jumlah ini maka dapat dihasilkan biodiesel sebesar 0,189 juta ton. Nilai ini setara dengan 3,78 juta ton biosolar pertahun (Prihandana dkk, 2006).

Esterifikasi adalah reaksi asam lemak bebas dengan alkohol membentuk ester dan air. Umumnya, proses esterifikasi menggunakan katalis asam. Asam-asam pekat seperti asam sulfat dan asam klorida adalah jenis asam yang sekarang ini banyak digunakan sebagai katalis (Hambali dkk, 2007).

Reaksi esterifikasi pembentukan metil ester adalah sebagai berikut :



Chongkong dkk, (2007) melakukan esterifikasi asam lemak bebas yang terkandung dalam PFAD secara *batch* dengan menggunakan katalis H₂SO₄. Kondisi operasi optimum diperoleh pada rasio molar Metanol : PFAD (8:1) dengan jumlah katalis 1,834 % berat pada temperatur 70 °C selama 60 menit.

Hidayat, (2008) melakukan esterifikasi minyak jelantah kelapa sawit menggunakan katalis H-zeolit pada temperatur 70 °C pada tekanan atmosferik selama 2 jam dengan memvariasikan rasio H-zeolit terhadap (minyak + metanol) yaitu 1,25%; 2,50%; 3,75% dan 5,00%. Dari hasil reaksi esterifikasi diperoleh konversi biodiesel terbesar pada konsentrasi H-Zeolit 3,75% (b/b) sebesar 61,23%.

Zeolit dapat digunakan sebagai katalis pada perengkahan hidrokarbon, isomerisasi parafin, reaksi metanol menjadi bensin dll. Hal ini disebabkan karena zeolit memiliki aktivitas katalitik yang sangat tinggi.

Rancangan Percobaan dengan RSM

Perhitungan optimasi konversi biodiesel terhadap pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol, suhu reaksi dan waktu reaksi menggunakan *Response Surface Methode* dengan kecocokan model CCD

3. Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan adalah PFAD, metanol, zeolit alam, etanol, indikator pp, KOH 0,5 N, asam oksalat 0,1 N, NH₄NO₃ 1 N, gas nitrogen .

Alat-alat yang digunakan adalah ketel reaksi, pengaduk, corong pisah, stopwatch, buret, statif, gelas ukur, neraca analitik, gelas piala, termokopel, pemanas (*heating mantel*), kondenser, kertas saring, corong, pipet tetes, pipet gondok, water bath, erlenmeyer, dan sumbat karet/ gabus.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yaitu nisbah molar umpan PFAD : methanol (1:0,4 – 1:12), suhu reaksi (70 °C - 100 °C), dan waktu reaksi (15 - 240 menit) terhadap perolehan konversi biodiesel. Tabel 3.1 menunjukkan rancangan percobaan penelitian dengan menggunakan kecocokan model CCD untuk konversi biodiesel.

Tabel 3.1 RSM dengan Kecocokan Model pada konversi biodiesel

Perlakuan	Satuan	Level				
		- α	-1	0	1	+ α
Nisbah molar umpan PFAD:metanol (X_1)	Mol	4,636	6	8	10	11,364
Suhu reaksi (X_2)	°C	71,59	75	80	85	88,41
Waktu reaksi (X_3)	Menit	19,08	60	120	180	220,92

Untuk memudahkan perhitungan dalam pengolahan data, rentang variabel proses dikodekan dalam rentang (-1, 1). Sehingga hubungan antara variabel proses (ξ_i) dan *coded variables* (X_i) dapat dinyatakan seperti persamaan berikut:

$$X_i = \frac{\xi_i - \xi_i \text{ mid}}{\xi_i \text{ mid} - \xi_i \text{ low}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

$$\xi_i \text{ mid} = (\xi_i \text{ high} + \xi_i \text{ low})/2$$

Prosedur penelitian

Tahap preparasi katalis

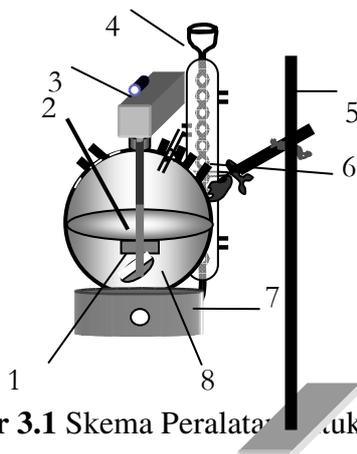
Katalis yang digunakan adalah H-zeolit. Katalis H-zeolit dipreparasi dari zeolit alam melalui tahapan yang dikembangkan oleh Nasikin dkk (2006). Zeolit alam sebanyak 400 gram dipertukarkan ion dengan larutan NH_4NO_3 1 N selama 50 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm untuk menghasilkan NH_4 -zeolit. Padatan zeolit kemudian dipisahkan, dicuci dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam dan dilanjutkan dengan kalsinasi dengan mengalirkan gas nitrogen pada suhu 500°C selama 3 jam untuk menghilangkan NH_3 dari NH_4 -zeolit, sehingga diperoleh H-zeolit.

Tahap Preparasi Bahan baku

Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) diperoleh dari pabrik minyak goreng PT. Sari Dumai Sejati. PFAD terlebih dahulu dicairkan pada suhu $\pm 70^\circ\text{C}$, selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan kotoran. Sebelum digunakan sebagai bahan baku reaksi esterifikasi, dilakukan analisa kadar asam lemak awal yang terkandung dalam PFAD.

Reaksi Esterifikasi

Esterifikasi PFAD dilakukan secara batch dalam sebuah ketel reaksi yang dilengkapi dengan pengaduk mekanik, termokopel, dan kondenser seperti terlihat pada gambar 3.1.



Keterangan:

1. Pengaduk
2. Termokopel
3. Motor pengaduk
4. Kondenser reflux
5. Klem penguat
6. Inlet Reaktan & Katalis
7. Pemanas listrik
8. Ketel reaksi

Gambar 3.1 Skema Peralatan untuk Reaksi Esterifikasi PFAD dengan Metanol.

Analisis Reaktan dan Produk

Untuk mengetahui tingkat kesempurnaan reaksi, maka pada setiap percobaan akan dilakukan analisis reaktan dan produk yaitu dengan mengukur angka asam lemak bebas dengan metoda titrimetri (Ketaren, 2005).

4. Hasil dan Pembahasan

Kadar ALB dalam PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

PFAD terlebih dahulu dicairkan pada suhu ± 70 °C , selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan kotoran kemudian dianalisa kadar ALB (asam lemak bebas). Dengan menggunakan metode titrimetri diperoleh kadar ALB yang terkandung dalam PFAD sebesar 93,6 %.

Desain dan analisa percobaan orde kedua

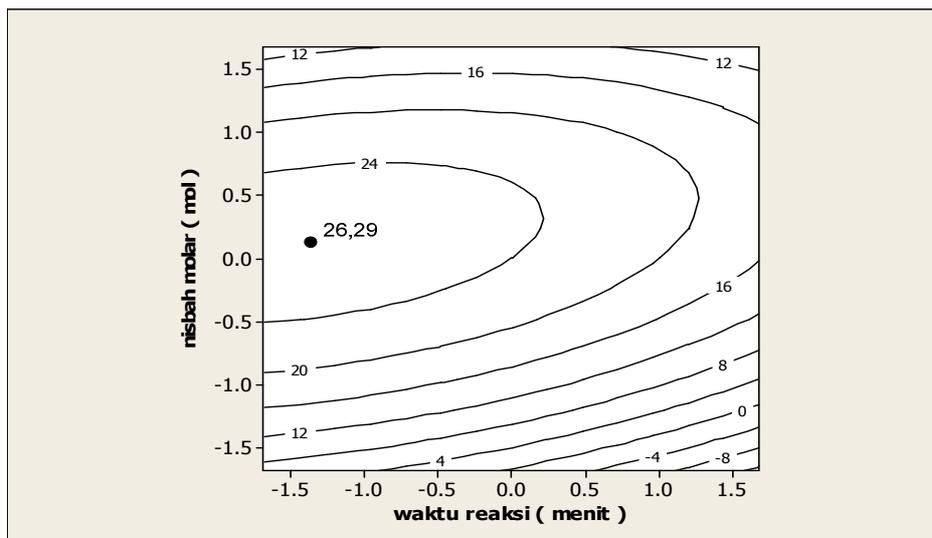
Rancangan dan analisa data percobaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan RSM (*respon surface methode*). Pengolahan data percobaan dengan menggunakan bantuan *software* minitab 14 .

Dari hasil pengolahan data dan analisa diperoleh suatu persamaan baru model orde kedua yang menyatakan variabel respon (y), yaitu :

$$y = 28,7117 + 4,8565 X_1 + 2,7992 X_3 - 6,3199 X_1^2 - 3,94 X_2.X_3 \dots\dots (2)$$

Respon Optimum

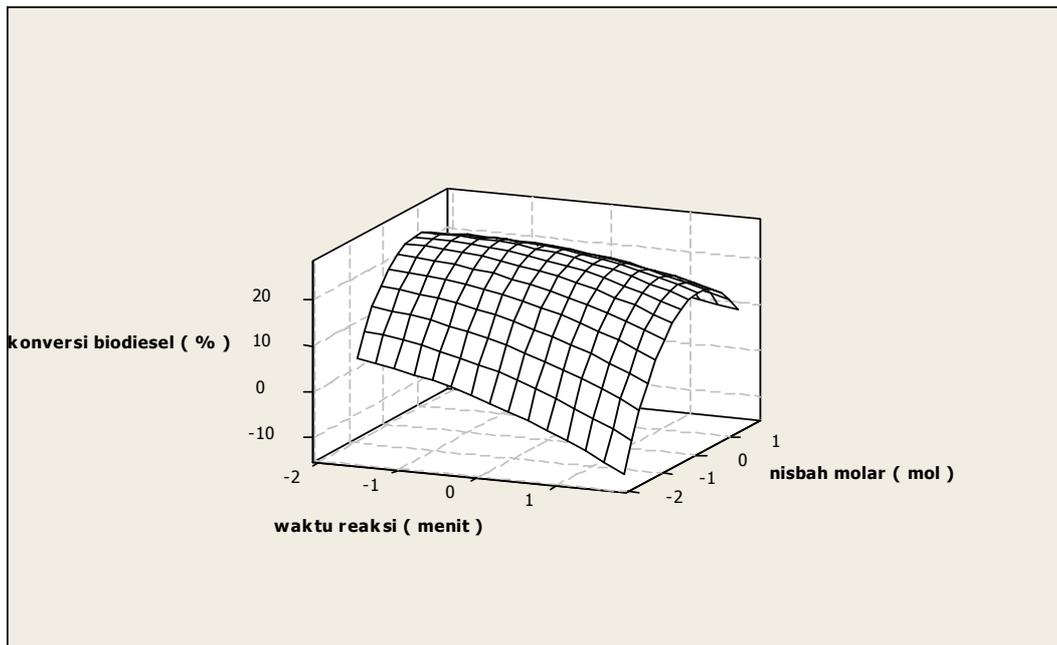
Penentuan titik optimum proses dilakukan dengan menentukan titik stationer. Sedangkan sebaran optimasi proses dapat dilihat dari plot kontur. Dari hasil perhitungan titik stationer diketahui respon optimum konversi biodiesel dari PFAD didapat sebesar 26,29 % dengan nisbah molar umpan PFAD : metanol = 1: 8,25 mol dan waktu reaksi 36,77 menit..



Gambar 4.1 Plot kontur persentase konversi biodiesel terhadap pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol dan waktu reaksi

Perolehan Biodiesel

Konversi biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 20–35 %. Konversi biodiesel cenderung meningkat seiring dengan peningkatan nisbah molar umpan PFAD : metanol dari 1:8 hingga 1:9 mol serta peningkatan waktu reaksi dari 30 menit hingga 60 menit. Akan tetapi peningkatan nisbah molar umpan PFAD : metanol lebih dari 1:9 mol dan waktu reaksi 60 menit justru menyebabkan turunnya konversi biodiesel yang dihasilkan.



Gambar 4.2 *Surface curve* persentase konversi biodiesel terhadap pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol dan waktu reaksi

Perolehan konversi biodiesel dari hasil penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil perolehan konversi biodiesel penelitian sebelumnya. Chongkong dkk, (2007) mengkaji percobaan pembuatan biodiesel dari PFAD dengan katalis asam sulfat (H_2SO_4) pada berbagai konsentrasi. Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan konversi biodiesel sebesar 93 % pada konsentrasi katalis 1,834 %. Sedangkan Lenniasti dkk, (2008) mendapatkan konversi biodiesel sebesar 77,94 % dari reaksi esterifikasi PFAD dengan konsentrasi katalis Ni.Mo/ Al_2O_3 10 %.

Pengaruh nisbah molar umpan PFAD : metanol terhadap perolehan konversi biodiesel

Variasi nisbah molar umpan PFAD : metanol memberikan pengaruh yang nyata terhadap konversi yang dihasilkan (Gambar 4.2). Pada suhu reaksi konstan, peningkatan nisbah molar umpan PFAD : metanol dari 1:8 mol hingga 1:9 mol cenderung meningkatkan konversi biodiesel. Namun pada nisbah molar umpan PFAD : metanol yang lebih tinggi (> 1:9 mol) justru menyebabkan terjadinya penurunan terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Wang dkk,(2007) mengungkapkan bahwa penurunan konversi biodiesel disebabkan karena metanol yang berlebih terlarut dalam air yang terbentuk. Akibatnya metanol yang bereaksi dengan asam lemak bebas semakin berkurang dan menggeser kesetimbangan reaksi bergerak ke kiri.

Pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan konversi biodiesel

Pengaruh waktu reaksi juga memberikan dampak yang cukup besar terhadap konversi biodiesel (Gambar 4.2). Peningkatan waktu reaksi dari 30 menit hingga 60 menit menyebabkan terjadinya peningkatan terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Peningkatan waktu reaksi setelah dicapai kondisi optimum (36,77 menit) tidak mengakibatkan konversi biodiesel meningkat karena kesetimbangan reaksi telah tercapai. Menurut Ketta, (1993) jika kesetimbangan reaksi telah tercapai dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak akan meningkatkan konversi.

Pengaruh suhu reaksi terhadap perolehan konversi biodiesel

Pada penelitian ini, pengaruh suhu reaksi dipelajari pada rentang (70 °C - 100 °C). Namun pada rentang suhu tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konversi biodiesel. Menurut Chitra dkk, (2005) reaksi pembentukan biodiesel seharusnya dilakukan pada suhu dibawah titik didih metanol (65°C). Sedangkan menurut Chongkong dkk, (2007) suhu reaksi memberikan pengaruh terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Pada penelitian tersebut, dilakukan variasi terhadap suhu reaksi dari 65 °C hingga 75 °C. Dari penelitian tersebut didapatkan konversi maksimum 93,9 % diperoleh pada suhu reaksi 65 °C dengan waktu reaksi 120 menit.

5. Kesimpulan

1. Persamaan yang diperoleh untuk konversi biodiesel adalah persamaan orde 2 yaitu:
$$y = 28,7117 + 4,8565 X_1 + 2,7992 X_3 - 6,3199 X_1^2 - 3,94 X_2.X_3$$
2. Nisbah molar umpan PFAD : metanol mempunyai pengaruh terbesar terhadap perolehan konversi biodiesel jika dibandingkan dengan suhu dan waktu reaksi.
3. Hasil nilai respon optimal untuk konversi biodiesel adalah 26,29 % pada nisbah molar umpan PFAD : metanol 1 : 8,25 mol , pada suhu 87,33 °C selama 36,77 menit.

Saran

Untuk mendapatkan konversi biodiesel yang lebih tinggi lagi maka perlu ditinjau kembali konsentrasi H-zeolit yang digunakan.

Daftar Pustaka

1. Chitra, P., Venkatachalam, P., Sampathrajan, A., 2005. Optimisation of Experimental Conditions for Biodiesel Production from Alkali-catalyzed Transesterifikasi of Jatropha Curcus Oil. *Energy for Sustainable Development*, vol IX no.3
2. Chongkhong, S., Tongurai, C., Chetpattananondh, C., dan Bunyakan, C. 2007. Biodiesel Production by Esterification of Palm Fatty Acid Distillate. <http://www.energy-based.nrct.go.th>. 3 November 2007.
3. Debora, P., Zahrina, I., dan Yenie, E. 2008. “Konversi Asam Lemak Sawit Distilat Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Sintesis”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo & Petrokimia Indonesia*. Pekanbaru.
4. Irawan, G. 2008. Prospek Biodiesel Cerah. www.sinarharapan.co.id. 1 November 2008
5. Hambali, E., Mujdalipah, S., Armansyah, Pattiwiri, A., Waries, dan Handroko 2007.
6. Ketaren, S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : Penerbit UI. Press
7. Ketta, Mc.J.John.1993.*Chemical Processing Handbook*.Marcel Dekker Inc.New York
8. Lenniasti, Zahrina, I., dan Yenie, E. 2008. “Konversi Asam Lemak Sawit Distilat Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Ni.Mo/Al₂O₃”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo & Petrokimia Indonesia*. Pekanbaru.

9. Nasikin, M., Wahid, A., Iswara, G. 2006. “Perengkahan katalitik Fasa Cair Minyak Sawit Menjadi Biogasolin”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. Palembang.
10. Prihandana, R., Hendroko, R., dan Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta : Penerbit Agromedia.
11. Wang, Y., Ou, S., Liu, P., and Zhang, Z., (2007). Preparation of Biodiesel from Waste Cooking Oil Via Two –Step Catalyzed Process, *Energy Conversion and Management*, 48, 184-188.
12. Syah, A.N.A. 2005. *Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar*. Jakarta : Penerbit Agromedia