

PENGARUH KONSENTRASI KATALIS DAN RASIO MOLAR UMPAN TERHADAP METANOL PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI CPO MENGGUNAKAN REAKTOR MEMBRAN

Leri Priadinanta¹, Syarfi², Jecky Asmura³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : enginerst@rocketmail.com

ABSTRACT

Biodiesel is an alkyl esters of long chain fatty acids derived from fatty material such as animal fat. A research synthesis of biodiesel from waste CPO(Crude Palm Oil) into biodiesel with a KOH catalyst. In this research review of physical properties (density, viscosity and acid number), analyzing the chemical content of biodiesel, the influence of the molar ratio of methanol to CPO(Crude Palm Oil) the percentage of conversion and optimal transesterification catalyst in the transesterification reaction in biodiesel synthesis. 300 grams of CPO(Crude Palm Oil), versus 1:14 methanol to oil molar, catalyst 1% of the weight of oil input into the biodiesel reactor and then the process of biodiesel synthesis performed on the operating conditions of 60 ° C temperature for 150 minutes. The results showed that the optimum conversion catalyst with 1% methanol 1:14 molar ratio that is equal to 85,45%. Physical test results obtained by the density of 888 kg/m³, 5,94 cSt viscosity, acid number 0.707 mg-koh/gr sample. Results obtained have characteristics approaching the characteristics of biodiesel Indonesian National Standard (SNI).

Kata kunci : CPO(Crude Palm oil), Biodiesel, transesterification, Conversion

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk akan diikuti dengan peningkatan kebutuhan energi. Ketersediaan energi khususnya energi dari bahan bakar fosil semakin menipis. Cadangan energi fosil Indonesia sudah sangat terbatas, cadangan minyak hanya cukup untuk 18 tahun, gas untuk 60 tahun dan batu bara untuk 150 tahun [Prihandana dkk, 2007]. Ketergantungan pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi, diperkirakan sulit untuk dipertahankan ketersediaannya.

Sejumlah negara di dunia termasuk Indonesia berusaha untuk mencari sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang dikembangkan adalah biodiesel.

Pengelolaan energi nasional 2005-2025 menyebutkan bahwa pemerintah telah menetapkan pemakaian biodiesel sebanyak 2% konsumsi solar pada tahun 2010, 3% pada 2015, dan 5% pada 2025. Selain itu, pemerintah juga menetapkan kebutuhan biodiesel mencapai 720.000 kiloliter pada tahun 2010 dan akan ditingkatkan menjadi 1,5 juta

kiloliter pada 2015 dan 4,7 juta kiloliter pada 2025 [Perpres No. 5 Tahun 2006]. Menurut data, konsumsi biodiesel Indonesia mengalami peningkatan dari 217 kiloliter (kL) pada tahun 2006 menjadi 4.394 kiloliter (kL) pada tahun 2010 dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan [Ditjen EBTKE, 2011]

Saat ini banyak biodiesel diproduksi menggunakan reaktor konvensional dan proses ini masih memiliki beberapa kelemahan yaitu kesulitan dalam pemisahan trigliserida yang tidak bereaksi, sehingga perlu dilakukan pengembangan produksi biodiesel salah satunya teknologi reaktor membran. Reaktor membran adalah sistem reaktor yang mengkombinasikan reaksi kimia dan pemisahan dengan membran. Beberapa keuntungan pembuatan biodiesel dengan reaktor membran, yaitu kemudahan memisahkan produk utama dengan reaktan yang tidak bereaksi dan dapat menghalangi pengotor sehingga menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang tinggi [Dube, 2007].

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

a. Bahan

Penelitian ini menggunakan CPO sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. CPO diperoleh dari pabrik CPO PTPN V. Bahan-bahan lainnya yang digunakan KOH sebagai katalis, NaOH 0.5 N sebagai bahan pencucian membran, NaOH sebagai titran sampel, asam oksalat untuk standarisasi NaOH.

Bahan dan Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

a. Bahan

Penelitian ini menggunakan CPO sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. CPO diperoleh dari pabrik CPO PTPN V. Bahan-bahan lainnya yang digunakan KOH sebagai katalis, NaOH 0.5 N sebagai bahan pencucian membran, NaOH sebagai titran sampel, asam oksalat untuk standarisasi NaOH.

b. Alat

Penyediaan alat utama yaitu rangkaian membran reaktor dan alat pendukung seperti gelas ukur, termometer, corong pisah, erlenmeyer, statif, *hot plate*, piknometer, pipet tetes, viskometer dan neraca digital. Reaktor membran yang digunakan adalah membran polypropilen jenis ultrafiltrasi dengan spesifikasi temperatur maksimum 70 °C dan tekanan maksimum 2,5 bar.

Minyak (CPO) direaksikan di reaktor membran, Berikut tahapan proses kerjanya, sebagai contoh untuk perbandingan mol minyak dan metanol 1:10 dan tekanan transmembran 1 bar :

1. Persiapkan minyak dan metanol dengan perbandingan rasio mol adalah 1:10 dan katalis KOH 0,5%, 1% dan 1,5% berat minyak.

2. Masukkan minyak kedalam bejana umpan dan dipanaskan hingga suhu 60°C, sambil memanaskan minyak campurkan katalis dengan metanol dalam gelas erlenmeyer sambil diaduk.

3. Setelah minyak pada kondisi suhu yang diinginkan, masukan campuran

metanol-katalis kedalam bejana umpan.

4. Setelah semua bahan dimasukkan kedalam bejana umpan selanjutnya hidupkan pompa, namun sebelum itu pastikan keadaan V-1, V-2 dan V-4 dalam keadaan tertutup dan V-3 dan V-5 dalam keadaan terbuka.

5. Setelah pompa dihidupkan, biarkan aliran bersirkulasi melewati V-3 selama 10 menit hingga campuranya homogen dan kondisi suhunya 60°C.

6. Selanjutnya umpan siap dialirkan kedalam membran dengan cara membuka V-1 secara perlahan lahan hingga bukaan 100%. Setelah itu dilakukan pengaturan tekanan dengan cara mengatur bukaan V-3 dan V-5.

7. Setelah dibukanya V-1 dan dialirkannya umpan melewati membran, maka produk yang keluar pada aliran permeat disirkulasi kedalam bejana umpan selama 90 menit.

8. Setelah 90 menit, produk keluran permeat ditampung di bejana produk selama 60 menit.

9. Setelah 2,5 jam proses, pompa dimatikan dan crude biodiesel yang diperoleh dilakukan proses pencucian serta pemisahan.

10. Untuk menjaga efektifitas membran, maka dilakukan proses pencucian menggunakan larutan KOH 0.5 N dengan sistem *counter current*, dimana V-1, V-3 dan V-5 dalam keadaan tertutup sedangkan V-2 dan V-4 dalam keadaan terbuka, pencucian dilakukan selama 1 jam atau sampai kondisi air cucian tetap bersih.

11. Untuk variabel berubah berikutnya, dilakukan proses yang sama dengan prosedur diatas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

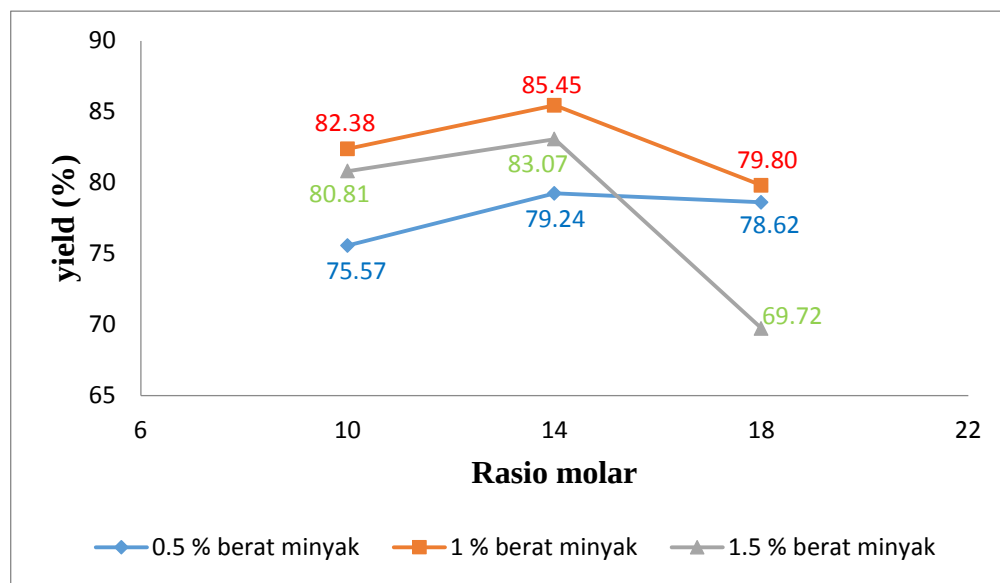
3.1 Pengaruh Perbandingan Molar

Hasil penelitian ini, menunjukkan adanya pengaruh pemberian alkohol berlebih pada proses pembuatan biodiesel dari CPO menggunakan membran reaktor. Grafik pengaruh perbandingan molar minyak terhadap metanol tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Dari Gambar 3.1 ditunjukkan bahwa reaksi mencapai *yield* tertinggi pada perbandingan molar 1:14 dengan konsentrasi katalis KOH 1 % berat minyak dan waktu reaksi selama 2,5 jam. *yield* yang dihasilkannya yaitu 85,45 % . Pada perbandingan molar 1:10 didapatkan *yield* maksimum sebesar 82,38 % dengan konsentrasi katalis KOH 1 % berat minyak. Hal ini dapat menunjukkan semakin besar perbandingan rasio molar minyak terhadap metanol dapat meningkatkan perolehan *yield*, namun terjadi penurunan pada perbandingan molar 1:18 dimana terjadi penurunan yang signifikan terhadap perolehan *yield* biodiesel pada konsentrasi katalis 1,5 % yaitu 69,72 %. Hal ini diduga karena pengaruh jumlah metanol yang berlebih terlarut dalam gliserol yang terbentuk, akibatnya metanol yang bereaksi dengan trigliserida semakin berkurang. Selain itu keberadaan gliserol yang tinggi dalam biodiesel dapat menyebabkan reaksi berbalik arah sehingga mengurangi *yield* biodiesel dan penyebab lainnya yaitu jenis metanol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metanol teknis yang kemurniannya hanya 95 % yang mungkin mengandung air, sehingga didalam reaksi transesterifikasi air dan minyak terhidrolisis menyebabkan terbentuknya sabun.

studi yang dilakukan Cao dkk [2007] menunjukkan membran reaktor beroperasi efektif pada rasio molar minyak dan alkohol adalah 1:16, pada penelitian ini dilakukan perbandingan rasio molar 1:10, 1:14 dan 1:18, namun pada rasio molar 1:18 dengan konsentrasi katalis 1,5 % berat minyak menghasilkan penurunan perolehan *yield* yang signifikan yaitu

69,72 %, hal ini menyimpulkan bahwa perbandingan molar minyak terhadap metanol tidak sesuai bila diatas rasio 1:16 dan lebih sesuai dengan perbandingan rasio yang lebih kecil dari efektifnya perbandingan rasio molar yang ada yaitu 1:14, dimana terdapatnya perolehan *yield* biodiesel maksimum yaitu 85,45 %.



Gambar 3.1 Grafik Pengaruh Perbandingan Molar pada Pembuatan biodiesel

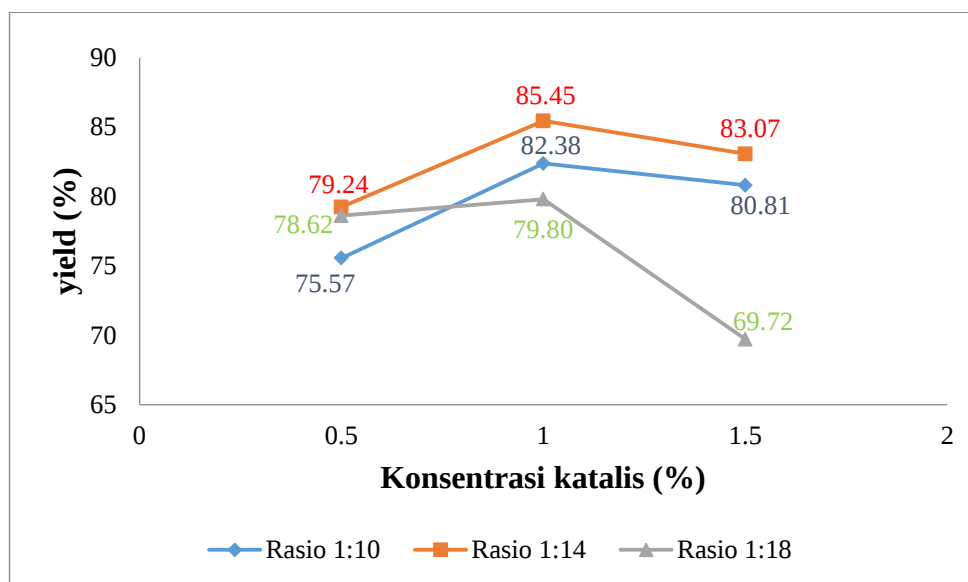
3.2 Pengaruh Konsentrasi katalis pada pembuatan biodiesel

Dari Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa perolehan *yield* tertinggi di dapatkan pada konsentrasi katalis 1 % berat minyak dengan perbandingan molar 1:14 dan lama waktu reaksi yaitu 2,5 jam. Hasil perolehan *yield* mencapai 85,45 %. Pada konsentrasi katalis 0,5 % perolehan *yield* maksimumnya yaitu 79,24 % dengan perbandingan rasio molar yang sama yaitu 1:14, hasil penelitian ini sesuai

dengan pernyataan [Dube dkk, 2007] bahwa Semakin tinggi konsentrasi katalis maka konversi reaksi akan semakin tinggi, karena hampir seluruh minyak pada umpan awal reaktor telah terkonversi menjadi metil ester [Trembley dkk, 2008]. Peningkatan konsentrasi katalis juga dapat mengurangi waktu tinggal reaksi tanpa akumulasi minyak pada reaktor [Trembley dkk, 2008]. namun pada penelitian ini dengan konsentrasi katalis 1,5 % pada rasio molar 1:18 terjadinya penurunan *yield*

yang signifikan yaitu 69,72 % dengan peningkatan konsentrasi katalis. Hal ini diduga karena bila semakin banyak jumlah katalis yang

digunakan maka akan semakin banyak pula sabun yang dihasilkan yang dapat menyebabkan *yield* biodiesel menurun.



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh Konsentrasi katalis pada pembuatan biodiesel

3.3 Hasil Uji Karakteristik Produk

Karakterisasi biodiesel didapat dengan cara menguji sifat fisika dan sifat kimia biodiesel yang diperoleh. Karakterisasi sifat fisika biodiesel meliputi pengujian densitas, viskositas, angka keasaman. Sedangkan karakterisasi sifat kimia biodiesel yang dilakukan dengan pengujian GC-MS.

3.3.1 Sifat fisika biodiesel

Perbandingan hasil karakteristik sifat fisika biodiesel pada penelitian ini dan dari Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Perbandingan karakteristik sifat fisika biodiesel

No	Parameter	Unit	SNI -04-7128-2006	Hasil Penelitian
1	Densitas (40°C)	Kg/m ³	850 - 890	888
2	Viskositas (40°C)	Mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	5,29
3	Bilangan asam (N _A)	Mg-	Max. 0,8	0,77
4	<i>Specific gravity</i> (40°C)	KOH/g	-	0,895
5	Titik Nyala	°C	Min 110	145

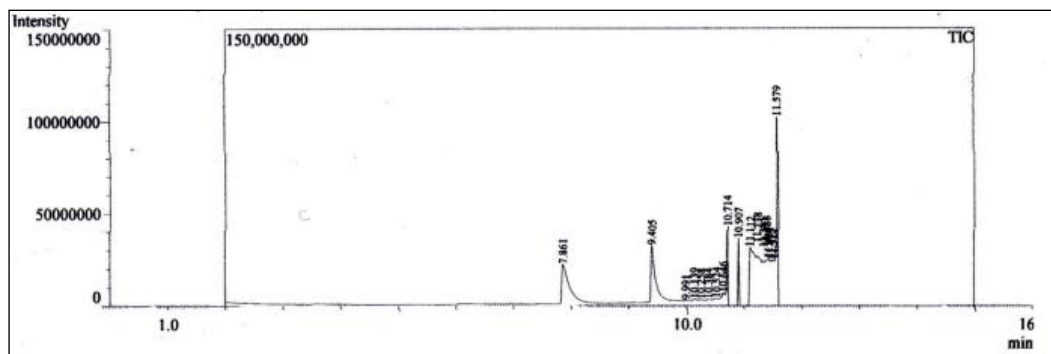
Sumber : Hasil Uji Lab.Kimia fisika FT – UR, 2013

Pada Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa nilai densitas, viskositas, angka keasaman, titik nyala dan *yield (%)* biodiesel yang merupakan parameter

yang menjadi standar mutu *biodiesel* secara umum.

Analisis kimia *biodiesel* dilakukan dengan menggunakan GC - MS (Kromatografi Gas - Spektrokopi Massa). Analisis GC - MS menghasilkan kromatogram yang menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam *biodiesel*. Sampel yang diuji sebanyak 3 sampel, yaitu sampel *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 0,5 % pada rasio molar 1:10, sampel

biodiesel dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:14 dan sampel *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:18. Kromatogram *biodiesel* dari sampel *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:14 disajikan pada Gambar 3.3 dan kromatogram *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:18 pada gambar 3.4.

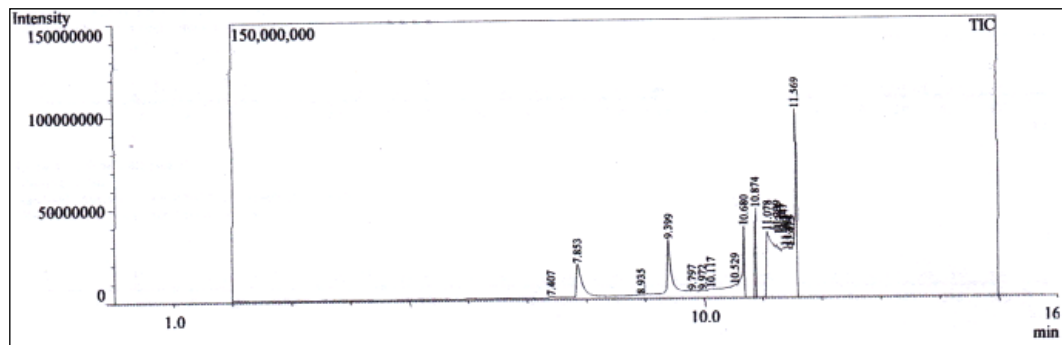


Gambar 3.3 Kromatogram *Biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada perbandingan molar 1:14

Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa dari kromatogram *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:14 dapat dilihat 6 puncak tertinggi hasil analisis GC-MS *biodiesel* dengan kandungan metil ester adalah metil ester palmitat dengan luas area 15,41%, metil ester

oleat 13,86 %, metil ester laurat 13,27%, metil ester

myristat 11,55%, metil ester hexadecanoat 10,71% dan metil ester ricinoleic 5,21%.



Gambar 3.4 Kromatogram biodiesel dengan konsentrasi katalis 1% pada perbandingan molar 1:18

Gambar 3.4 memperlihatkan bahwa dari kromatogram menunjukkan bahwa persentase produk metil ester yang dihasilkan adalah 58,18% dan dapat dilihat 4 puncak tertinggi hasil analisis GC-MS biodiesel dengan kandungan metil ester adalah metil ester palmitat dengan luas area 17,27%, metil ester oleat 16,49 %, metil ester laurat 7,26% dan metil ester myristat 17,16%.

Hasil analisa GC-MS *biodiesel* dengan konsentrasi katalis 1% pada rasio molar 1:14 memperlihatkan jumlah metil ester yang terkonversi lebih banyak dibandingkan biodiesel dengan konsentrasi 1% pada rasio molar 1:18.

4. KESIMPULAN

1. Variasi rasio molar dan konsentrasi katalis mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan, *yield* yang diperoleh pada perbandingan molar metanol 1:10, 1:14, dan 1:18 dengan konsentrasi katalis 1 % berturut-turut adalah 82,38%, 85,45%, dan 79,80%. Sedangkan *yield* yang optimum diperoleh pada perbandingan 1:14

dengan konsentrasi katalis 1 % yaitu 85,45%.

2. Hasil karakteristik fisika biodiesel pada konsentrasi katalis 1% dengan perbandingan molar 1:14 memiliki densitas 888 kg/m^3 , viskositas 5,29 cSt, Angka asam 0,77 mg-KOH/gr sampel.

3. Biodiesel dapat langsung digunakan pada mesin diesel karena sifat fisika maupun kimia sudah memenuhi karakteristik biodiesel atau Standar Nasional Indonesia (SNI).

5. SARAN

Diperlukan penelitian lanjutan tentang pemurnian biodiesel menggunakan Reaktor membran supaya konversi yang didapatkan lebih tinggi.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir, Syarfi.,MT dan Bapak Jecky Asmura.,ST,MT yang telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

- Alicio, T.V.R., Mendes, E.S., Pereira, N.C, dan Lima, O.C.M., 2002, *Membrane ultrafiltration of crude soybean oil*. United States Patent 20080092435.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional, 2006, Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 04-7182:2006 tentang Biodiesel, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional, 2006, Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 01-2901:2006 tentang minyak kelapa sawit mentah, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Cao, P., Dube, M.A., dan Tremblay, A.Y., 2008, *Methanol Recycling in The Production of Biodiesel in a Membrane Reactor*, Fuel, 87, hal 825-833.
- Cao, P., Dube, M. A., dan Tremblay, A.Y., 2007, *Effect of Membrane of Pore Size on The Performance of a Membrane Reactor for Biodiesel Production*, Ind. Eng. Chem. Res., 46, hal. 52.
- Cheng, L.H., Cheng, Y.F., Yen, S.Y., dan Chen, J., 2009, Ultrafiltration of triglyceride from biodiesel using the phase diagram of oil-FAME-MeOH, *Journal of Membrane Science*, 330, hal.156-165.
- Demirbas, A., 2008, *Progress and recent trends in biodiesel fuels*. Energy conversion and management. 50, 14-34.
- Demirbas, A., 2002, *Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol*, Energy Convers. Manage., 43, hal.2349–2356.
- Demirbas, A., 1998, Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils, Fuel, 77, hal. 1117–20.
- Direktorat Jenderal Energi Baru terbarukan dan Konservasi Energi, 2011, *Handbook of Energi & Economic Statistics Of Indonesia*, Edisi 8, Jakarta
- Dube, M.A., Tremblay, A.Y., dan Liu, L., 2006, A Novel Membrane Reactor for Continous Production of Biodiesel, *Departement of Chemical Engineering, University of Ottawa*, Canada.
- Dube, M.A., Tremblay, A.Y., dan Liu J., 2007, Biodiesel production using a membrane reactor, *Bioresource Technology*, 98, hal. 639–647.
- Fesseden, R.J., dan Fesseden J.S., 1986, Kimia Organik, Jilid ke 2, edisi ke 3, Terjemahan A.H., Pudjatmaka, Erlangga, Jakarta.
- Hayyan, A., Alam, M.Z., Kabbashi, N,A., Mirghani, M,E,S., Hakimi, N,I,N,M., Siran, Y,M., dan Tahiruddin, S., 2011, Reduction of High content of free fatty acid in sludge palm oil via acid catalyst for biodiel production, *Fuel Processing Technol.*, 92, 920-924.
- He H., Guo X., dan Zhu S., 2006, Comparison of membrane extraction with traditional extraction methods for biodiesel production, *J. Am.*

7. DAFTAR PUSTAKA

- Oil Chem. Soc.*, 83, hal.457–60.
- Hambali, E., Mudjalipah, S., Armansyah, Pattiwiri, A., Waries, dan Handroko, R., 2007, *Teknologi Bioenergi*, Angromedia, Jakarta.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Fernando, W.J.N., dan Kim, L., 2009, Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: A review, *Fuel Processing Technology*, 90, 1502-1514.
- Kurniasih, E., 2008, Pemanfaatan Asam Lemak Sawit Distilat Sebagai Bahan Baku Dietanolamida Menggunakan Lipase (*Rhizomucor meihei*), Tesis, Universitas Sumatera Utara.
- Leung, D.Y.C., dan Guo, Y., 2006, Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production, *Fuel Process Technol.*, 87, hal. 883-890.
- Leung, D.Y.C., Wu, X., dan Weung, M.K.H., 2010, A review on biodiesel production using catalyzed transesterification, *Applied Energy*, 87, hal. 1083-1095
- Miscolia D.A., 2000, Development of a Membrane Resistance Based Modeling Framework for Comparison of Ultrafiltration Processes, Departement of Civil and Environmental Engineering, Dissertation, West Virginia.
- Mittelbach, M., dan Remschmidt, C., 2004, *Biodiesel : The Comprehensive Handbook*, Institute of Chemistry of the University of Graz, Germany.
- Mulder, M., 1996, Basic Principles of Membrane Technology, 2nd ed., 549 pp. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Musanif, J., 2010, *Biodiesel*, Subdit Pengelolaan Lingkungan, Direktorat Pengolahan hasil pertanian, Ditjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian.
- Nazaruddin, Syarfi, dan Zahrina, I., 2010, Pengaruh Tekanan Trans-membran Pada Pembuatan Biodiesel dari CPO Parit Dengan Reaktor Membrane. Seminar Nasional Sains dan Teknologi III. Lampung.
- Nuramin, M., Hendroko, R., dan Prihandana, R., 2006, *Menghasilkan Biodiesel Murah: mengatasi polusi dan kelangkaan BBM*, PT Agromedia pustaka: semarang.
- Othman, R, Mohammad, A.W., Ismail, M., dan Salimon, J., 2010, Application of polymeric solvent resistant nanofiltration membranes for biodiesel production, *Journal of Membrane Science*, 348, hal. 287–297.
- Prihandana, R., Noerwijari, K., Gamawati, P., Setyoningsih, D., Setiadi, S., Hendroko, R. 2007.. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. PT. Agromedia. Jakarta
- .

- Satterfield, C.N., 1991, *Heterogenous Catalysis in Industrial Practice*, 2th edition., pp.471-523, McGrawhill Book Inc., New York
- Saracco, G., Neomagus H.W.J.P., Versteeg G.F., dan van Swaaij W.P.M., 1999, High temperature membrane reactors: potential and problems, *Chem. Eng. Sci.*, 54, hal.1997–2017.
- Scott, K. 1995. *Handbook of Industrial Membrane*. 1st edition. Elsevier Advanced Tecnology.
- Tremblay, A.Y., Dube, M.A., dan Cao, P., 2010. *Biodiesel Using Ultra low Catalys Concentration in a Membrane Reaktor*. United States Patent 20100307051A1.
- Turner, L.T., 2005, Modeling and Simulation of Reaction Kinetics for Biodiesel Production, North Carolina State University .
- Wenten, I.D., dan Nasution, H.M., 2010, *Review Proses produksi Biodiesel Menggunakan Membran Reaktor*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010. Bandung.
- Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D.D., dan Kates, M., 2003, Biodiesel Production From waste cooking oil , 2. Economic assement and sensitivity analysis, *Biosour. Technol.*, 90, 229-240
- 2010, Preparation and characterization of PSSA/PVA catalytic membrane for biodiesel production, *Fuel*, doi:10.1016/j.fuel.2010.02.001.
- Zhu, M., He B., Shi, W., Feng, Y., Ding, J., Li J., dan Zeng, F.,