

Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Karet Menggunakan Reaktor Membran

Subehan Fauzi¹⁾, Syarfi²⁾ dan Bahrudin²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
*Email: subehan.fauzi@unri.ac.id

ABSTRACT

One of the challenges in biodiesel manufacturing were the limited conventional mass transfer. The problem can be solved by using new technology in the biodiesel manufacturing process, namely membrane reactor. Membrane reactor has a close relationship to productivity and selectivity. This research aims to study the effect of variations in the molar ratio and transmembrane pressure on the characteristics and productivity of biodiesel. This research was conducted by two stages of preparation of rubber seed oil and biodiesel production using a membrane reactor. Rubber seed oil preparation process consists of stripping, drying, resizing, extraction and degumming. Biodiesel production is conducted by using H₂SO₄ catalyst, reaction time 6 h, reaction temperature 60°C, the variation of the molar ratio of 1:15, 1:20 and 1:25 and transmembrane pressure of 1 bar, 1.5 bar and 2 bar. Results of preparation of rubber seed oil *yield* of 19% was obtained with a free fatty acid content before and after degumming is 37.6% and 29.12%. The results showed the highest *yield* of biodiesel production amounted to 62.15% at a molar ratio of 1:20 and a transmembrane pressure of 1.5 bar. Biodiesel produced has a density of 0.880 g/ml, viscosity 7.73 mm²/s and flash point 180°C. The largest composition of biodiesel is 26.5% of *Oleic Acid Methyl Ester*.

Keywords: *biodiesel, membrane reactor, rubber seed oil*

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaannya secara terus menerus mengakibatkan cadangan sumber energi semakin menipis. Konsumsi minyak bumi pada tahun 2009 - 2011 masing-masing sebesar 379.142, 388.241 dan 394.052 juta barel. Sedangkan jumlah cadangan minyak bumi pada tahun 2011 diperkirakan sebesar 7,73 milyar barel [Ditjen MIGAS, 2012]. Untuk meningkatkan cadangan sumber energi tersebut, perlu adanya sumber energi baru yang *renewable*. Salah satu energi alternatif yang sedang giat dikembangkan yaitu biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Biodiesel berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui seperti minyak nabati dan lemak

hewan [Demirbas, 2008]. Minyak nabati yang umum digunakan untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak biji jarak, minyak sawit, minyak biji karet dan sebagainya. Salah satu alternatif bahan baku yang pantas untuk dipelajari yaitu minyak biji karet. Minyak biji karet merupakan jenis minyak non pangan sehingga tidak mengurangi persentase untuk kebutuhan pangan seperti minyak sawit. Minyak biji karet dihasilkan dari tanaman karet yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia. Luas perkebunan karet Indonesia pada tahun 2012 mencapai 3,462 juta hektar [GAPKINDO, 2012]. Biji karet memiliki kandungan minyak nabati yang cukup besar yakni sekitar 45,63% [Ikuwagwu dkk., 2000], sehingga layak dikaji sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel

Pengembangan proses pembuatan biodiesel saat ini masih banyak menggunakan

reaktor konvensional. Pemakaian reaktor konvensional ini memiliki beberapa kendala salah satunya yaitu transfer massa antar fasa yang terbatas [Dube dkk., 2007]. Untuk mengatasi masalah transfer massa tersebut, perlu adanya teknologi baru dalam pembuatan biodiesel yaitu reaktor membran.

Reaktor membran adalah sistem reaktor yang mengombinasikan reaksi kimia dan pemisahan. Pembuatan biodiesel dengan menggunakan reaktor membran memiliki beberapa keuntungan yaitu transfer massa yang baik, mudah memisahkan produk utama dari produk samping sehingga menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang tinggi, dapat digunakan untuk bahan baku yang memiliki kadar *free fatty acid* (FFA) yang tinggi tanpa melakukan *pretreatment*, dan konsumsi energi rendah karena tidak memerlukan pengadukan [Dube dkk., 2007]. Ukuran pori membran yang bisa digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu 0,05 μm , 0,2 μm , 0,5 μm dan 1,4 μm [Cao dkk., 2008].

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan Baku

Biji karet (Perkebunan masyarakat Desa Okura, Rumbai), Asam sulfat (H_2SO_4 95%-98%, *Reagent Grade*), Metanol (99,85% *Reagent Grade containing <0,1% water*), n-heksan, KOH 0,1 N, Asam Oksalat, Phenolphthalein dan NaCl 2,5%.

2.2 Preparasi Bahan Baku

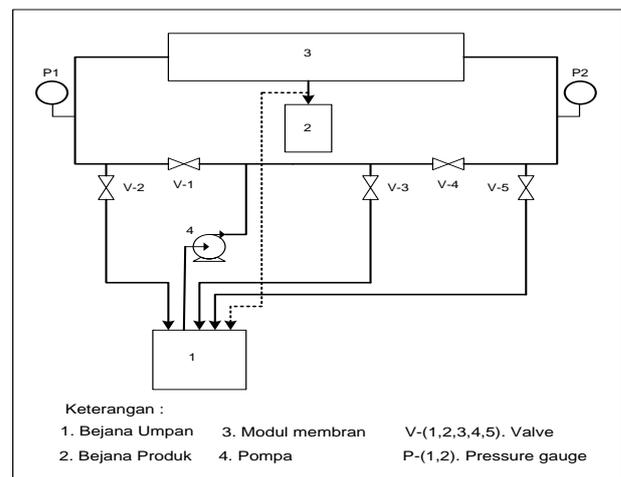
Preparasi bahan baku dimulai dengan pengupasan biji karet kemudian dikeringkan dibawah terik matahari selama 1 hari. Selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran biji karet menggunakan blender dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 45 menit. Biji karet selanjutnya diekstraksi menggunakan pelarut n-heksan selama 2 hari dan dipisahkan menggunakan *rotary evaporator*. Minyak biji karet di *degumming* menggunakan NaCl 2,5% dan dicuci menggunakan aquades serta dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan.

Minyak biji karet yang diperoleh selanjutnya di analisa kadar asam lemak bebas dan komposisinya dengan menggunakan GC-MS.

2.3 Pembuatan Biodiesel

Minyak biji karet - metanol dipersiapkan dengan perbandingan 1:15 dan katalis 1% berat. Masukkan minyak kedalam bejana umpan dan panaskan hingga suhu 60°C. Setelah suhu konstan tambahkan campuran metanol dan katalis kedalam bejana umpan. Hidupkan pompa, namun sebelum itu pastikan V1, V2 dan V4 dalam keadaan tertutup sedangkan V3 dan V5 dalam keadaan terbuka. Umpan disirkulasi selama 10 menit kemudian V1 dibuka secara perlahan hingga bukaan 100%. Pengaturan tekanan transmbran dilakukan dengan mengatur V3 dan V5. Aliran permeat dan retentat disirkulasikan kembali kedalam bejana umpan selama 5 jam 40 menit. Tampung aliran permeat tiap 2 menit selama 20 menit dan dianalisa fluksnya. Diagram alir pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.

Selanjutnya produk permeat dimasukkan kedalam corong pisah guna memisahkan crude biodiesel dan produk samping. Biodiesel yang telah terpisah dicuci menggunakan aquades hangat, dan pencucian dihentikan setelah air cucian bersih. Terakhir, biodiesel dikeringkan untuk menghilangkan sisa pencucian menggunakan oven pada suhu 105°C.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan biodiesel menggunakan reaktor membran

Untuk menjaga efektifitas membran, dilakukan proses pencucian menggunakan Aquades dengan sistem *back washing*. Dimana V1, V3 dan V5 dalam keadaan tertutup sedangkan V2 dan V4 dalam keadaan terbuka.

Pencucian dilakukan hingga air cucian bersih. Lakukan prosedur yang sama untuk variabel berubah lainnya yakni rasio 1:20, 1:25 dan tekanan transmembran 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar. Diagram alir pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4 Analisa Produk

Analisa produk biodiesel meliputi fluks permeat dan karakteristik biodiesel (*yield*, densitas (Ketaren, 1986), viskositas kinematik (ASTM D-445) dan komposisi penyusun biodiesel (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS)*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa minyak biji karet

Analisa minyak biji karet meliputi kandungan asam lemak bebas dan komposisi penyusun menggunakan *Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS)*. Rendemen minyak biji karet hasil proses preparasi diperoleh sebesar 19% dengan kandungan asam lemak bebas sebelum dan sesudah proses degumming masing-masing yaitu 37,6% dan 29,12%. Komposisi penyusun minyak biji karet dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Karet

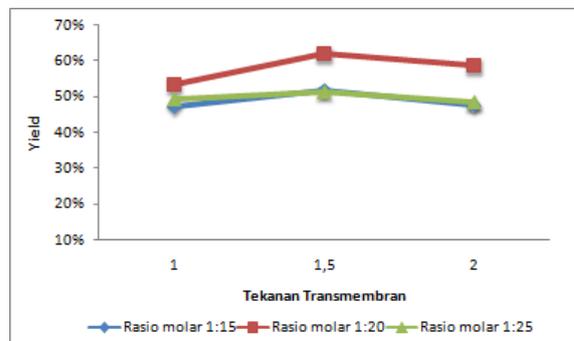
Peak #	% Area	Senyawa
1	0,05	Asam Miristat
2	10,57	Asam Palmitat
3	0,01	Asam Margarat
4	2,41	Asam Palmitat
5	29,72	Asam Oleat
6	11,41	1,9 Tetradecadiene
7	3,67	Asam Arachidat
8	12,24	Asam Linoleat
9	3,25	1,2-Benzenedicarboxylic acid
10	4,69	1-Bromododecane
11	4,93	2,5-Dibutyl furan
12	17,05	2,5-Octadiene

Sumber: Hasil Uji GC-MS, Padang

3.2 Pengaruh rasio molar RSO-Metanol terhadap *yield* biodiesel

Salah satu faktor yang mempengaruhi perolehan reaksi esterifikasi maupun

transesterifikasi yaitu rasio molar umpan (RSO – Metanol). Secara teoritis, Penggunaan alkohol berlebih dapat mendorong kesetimbangan ke sisi produk sehingga semakin banyak produk terbentuk. Pengaruh variasi rasio molar terhadap *yield* biodiesel ditampilkan pada Gambar 2.



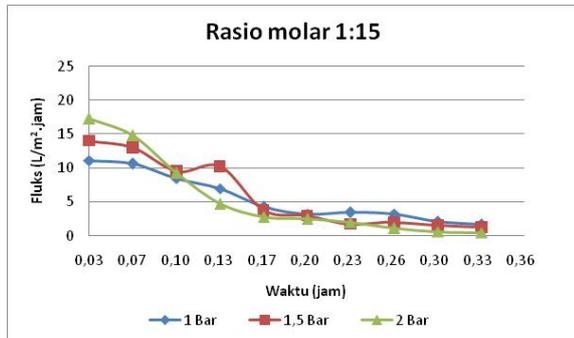
Gambar 2. Pengaruh rasio molar terhadap *yield* biodiesel

Gambar 2 menunjukkan pengaruh variasi rasio molar RSO – Metanol mulai dari 1:15, 1:20 dan 1:25 dengan tekanan transmembran 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar terhadap *yield* biodiesel. *Yield* biodiesel tertinggi diperoleh pada rasio molar 1:20 dengan tekanan transmembran 1,5 bar sebanyak 62,15%. Sedangkan *yield* terendah berada pada rasio molar 1:15 dengan tekanan transmembran 1 bar sebanyak 47,21%. Hal ini sedikit berbeda dengan studi Cao (2008) yang menunjukkan bahwa reaktor membran efektif beroperasi secara semi kontinu pada rasio molar berkisar 1:16 dengan *yield* 64%, dimana Cao (2008) melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak canola menggunakan reaktor membran pada rasio 23,9:1 dengan recycle metanol 50%,75% dan 100% sehingga menghasilkan rasio overall 1:10,1:12 dan 1:15.

Yield biodiesel yang dihasilkan pada rasio molar 1:25 dengan tekanan transmembran 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar, cenderung mengalami penurunan yakni berkisar antara 48,39% hingga 51,63%. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian metanol yang terlalu tinggi tidak efektif (metanol cenderung melewati membran dan berkurangnya interaksi antar molekul).

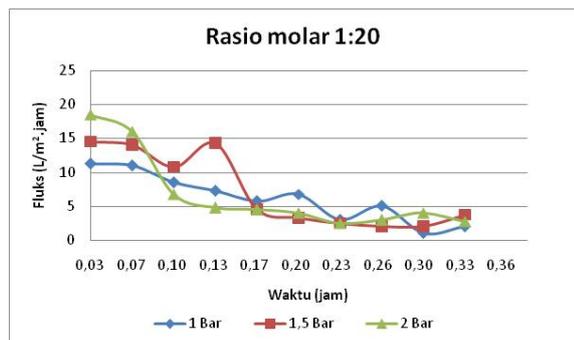
3.3 Pengaruh TMP terhadap fluks permeat

Proses produksi biodiesel menggunakan reaktor membran memiliki hubungan erat dengan tekanan transmembran. Pengaturan tekanan transmembran yang tepat dapat menghasilkan tingkat produksi yang maksimal. Pengaruh tekanan transmembran terhadap fluks permeat ditampilkan pada Gambar 3 – 5.



Gambar 3. Hubungan waktu terhadap fluks pada rasio molar 1:15

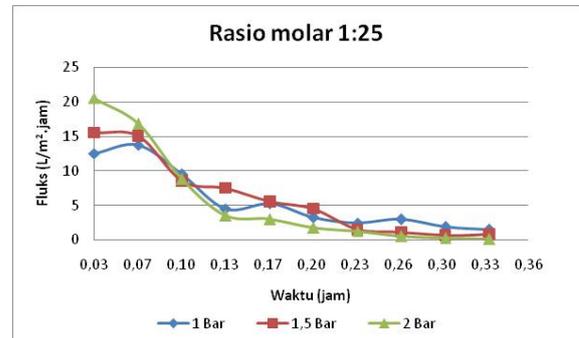
Gambar 3 menunjukkan bahwa fluks permeat awal sebesar 17,25 L/m².jam dengan tekanan transmembran 2 bar. Selanjutnya pada waktu 0,07 jam, 0,1 dan 0,13 jam terjadi penurunan fluks yang cukup drastis yakni sebesar 14,75, 9,25 dan 4,75 L/m².jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar tekanan transmembran maka fluks permeat akan semakin cepat menurun drastis.



Gambar 4. Hubungan fluks terhadap waktu pada rasio molar 1:20

Gambar 4 menunjukkan bahwa fluks permeat awal 18,50 L/m².jam dengan tekanan transmembran 2 bar. Pada tekanan transmembran 1,5 bar (waktu ke 0,13 jam) terjadi fluktuasi aliran permeat sehingga diperoleh fluks sebesar 14,25 L/m².jam. Fluktuasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, pergerakan fluida yang

tidak beraturan dan saling bertumbukan sehingga meningkatkan tekanan fluida (*Hummer Fluid*).



Gambar 5. Hubungan waktu terhadap fluks pada rasio molar 1:25

Gambar 5 menunjukkan bahwa fluks permeat tertinggi 20,50 L/m².jam dengan tekanan transmembran 2 bar. Menurut Franken [2009], semakin besar tekanan transmembran maka semakin besar fluks yang dihasilkan. Peningkatan fluks pada aliran permeat terjadi seiring meningkatnya perbandingan rasio molar dan tekanan transmembran. Tingginya fluks disebabkan oleh penggunaan metanol berlebih pada umpan dan tekanan transmembran. Metanol memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori membran sehingga metanol cenderung untuk melewati pori membran.

Laju aliran permeat secara perlahan-lahan akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh jumlah umpan yang terus berkurang sehingga pompa berada pada kondisi *low suction*

3.4 Sifat fisik biodiesel

Densitas

Densitas merupakan salah satu karakteristik bahan bakar yang berpengaruh langsung terhadap kinerja mesin. Tingginya densitas dan rendahnya nilai kalor dapat mengakibatkan peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar [Xue dkk., 2011]. Pada penelitian ini densitas biodiesel yang dihasilkan berada pada kisaran 0,852 gr/ml – 0,890 gr/ml, dimana range tersebut masih memenuhi baku mutu biodiesel Kepdirjen Nomor 723 K/10/DJE/2013.

Viskositas

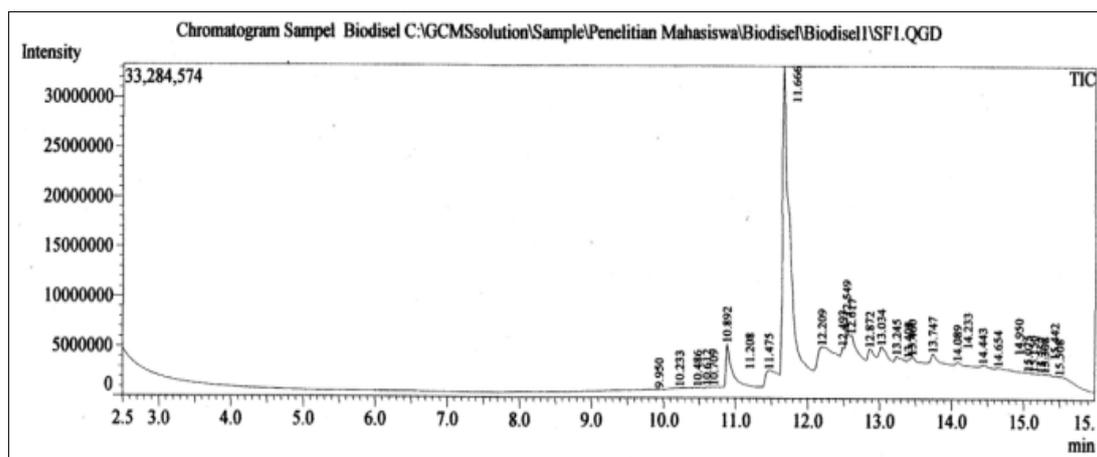
Viskositas merupakan tahanan suatu fluida untuk mengalir. Pada penelitian ini viskositas biodiesel yang diperoleh berada pada kisaran $7,18 \text{ mm}^2/\text{s} - 7,88 \text{ mm}^2/\text{s}$. Nilai tersebut masih belum memenuhi standar baku mutu Kepdirjen Nomor 723 K/10/DJE/2013 dimana range viskositas yang diizinkan untuk biodiesel yakni $2,3-6,0 \text{ cSt} (\text{mm}^2/\text{s})$. Viskositas memiliki hubungan erat terhadap tingkat pelumasan dan efisiensi pembakaran pada suatu mesin diesel [Xue dkk., 2011]. Viskositas bahan bakar memiliki batasan suhu yang harus dipenuhi untuk dapat digunakan. Viskositas yang terlalu rendah memungkinkan untuk terjadi kebocoran pada mesin. Sedangkan untuk viskositas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan atomisasi injeksi pembakaran yang buruk, pembakaran yang tidak sempurna dan timbulnya deposit pada mesin [Sandu dan Chiru, 2007].

Titik Nyala

Titik nyala ialah suhu minimum yang dibutuhkan suatu fluida untuk menyala. Pada penelitian ini nilai titik nyala biodiesel yang diperoleh antara $180^\circ\text{C}-185^\circ\text{C}$. Nilai titik nyala tersebut sedikit berbeda dengan penelitian Setyawardhani (2010) yakni $182,5^\circ\text{C}$. Tingginya nilai titik nyala suatu fluida tidak berpengaruh terhadap proses pembakaran pada mesin, namun lebih mengarah pada penyimpanan, penanganan bahan bakar dan transportasi [Rao dkk.,2010].

3.5 Komposisi biodiesel

Untuk mengetahui komponen-komponen penyusun biodiesel dilakukan analisa *Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)* pada biodiesel. Analisa GC-MS dilakukan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan, Padang.



Gambar 6. Hasil Uji GC-MS Biodiesel

Gambar 6 menunjukkan bahwa komponen penyusun biodiesel terdiri dari *Metil Ester Asam Oleat* dengan luas area 26,5% diikuti oleh *Metil Ester Asam Palmitat* dengan luas area 3,48%, *Metil Ester Asam Behenat* dengan luas area 3,73% dan *Metil Ester Asam Arachidat* dengan luas area 3,96%. Hal ini sesuai dengan komposisi bahan baku yang sebagian besar terdiri dari *Asam Oleat*.

4. Kesimpulan

- Minyak biji karet dapat dikonversi menjadi biodiesel menggunakan reaktor membran.
- Rasio molar RSO-metanol berpengaruh terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan. *Yield* biodiesel tertinggi diperoleh sebesar 62,15% pada rasio molar 1:20 dan TMP 1,5 bar. Densitas biodiesel berkisar antara 0,852-0,890 gr/ml, viskositas $7,18 - 7,88 \text{ mm}^2/\text{s}$ dan titik nyala berada pada suhu $180-185^\circ\text{C}$ dengan komposisi penyusun biodiesel terdiri atas *metil ester asam oleat*.

- Semakin tinggi tekanan transmembran maka fluks yang dihasilkan cenderung menurun drastis. Sedangkan perbedaan produktifitas biodiesel terjadi sekitar 5,54% untuk rasio molar yang sama dengan variasi tekanan transmembran 1bar, 1,5 bar dan 2 bar.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah mnghibahkan dana penelitian dan Muhammad S.A. Aziz yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Cao, P., Dube M.A., & Tremblay, A.Y. (2008). High purity fatty acid methyl ester production from canola, soybean, palm and yellow grease lipids by means of membrane reactor. *Biomass and Bioenergy*, 32, 1028-1036.
- Demirbas, A. (2008). Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, 50, 14–34.
- Ditjen MIGAS. (2012). *Statistik Minyak Bumi 2012*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Dube, M.A., Tremblay, A.Y., & Liu, J. (2007). Biodiesel production using membrane reactors. *Bioresource technology*, 98, 639-647.
- Franken, A.C.M., (2009). Prevention and control of membrane fouling: practical implications and examining recent inovations. *Membrane Applicatie Centrum Twente b.v. DSTI*.
- GAPKINDO, 2012. Luas perkebunan karet. <http://www.gapkindo.org/index/luas-perkebunan-karet-id.html>, diakses pada 2 Januari 2013, Pkl. 19.40 WIB.
- Ikwuagwu, O.E., Ononogbu, I.C., & Njoku, O.U. (2000). Production of biodiesel using rubber seed oil. *Industrial Crops and Product*, 57-62.
- Kepdirjen Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi. (2013). *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan Di Dalam Negeri*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- Ketaren, S. (1986). *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press
- Rao, G.L.N., Ramadhas, A.S., Nallusamy, N & Sakthivel, P. (2010). Relationships among the physical properties of biodiesel and engine fuel system design requirement. *International Journal of Energy and Environment*, Vol. 1, No. 5, (2010), pp. 919-926, ISSN 2076-2895.
- Setyawardhani, D.A., Distantina, S., Henfiana, H & Dewi, A.S. (2010). Pembuatan biodiesel dari asam lemak jenuh minyak biji karet. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010*, ISSN : 1411-4216
- Xue, J., Grift, T.E., & Hansen, A.C. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 15, 1098-1116