
TRANSESTERIFIKASI MINYAK NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L*) DENGAN KATALIS CAO DAN NAOH MENGGUNAKAN MICROWAVE

Hadi Saroso¹, Rizky Ardiansyah²

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl Soekarno Hatta no 9, Malang, 04

Email : hadi.saroso@polinema.ac.id¹, rizkyardiansyah@polinema.ac.id²

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel for diesel engines produced by trans esterification reactions and esterification of plant or animal fat oil with short chain alcohols such as methanol. The reaction requires a catalyst which is generally a strong base, so it will produce a new chemical compound called methyl ester in this study the raw materials used are nyamplung oil. In making this biodiesel consists of esterification and trans esterification process. The esterification process was performed to lower the FFA content of nyamplung oil which was still high at 36.3% by using sulfuric acid catalyst (H₂SO₄) and carried out on water bath heater at 60 °C for 2 hours. The trans esterification process of nyamplung oil was conducted using microwave heater with 50, 60, 70, and 80 minutes and the weight of NaOH and CaO catalyst 0.2, 0.6, 1% as variable changed in this study, while for fixed variable use temperature 60 °C and molar ratio oil: methanol 1: 6. From the result of the research, various variables obtained the optimal condition of the trans esterification process is the NaOH catalyst at the 80th minute the weight of 1% catalyst that meets the Indonesian National standard that has the type mass value of 0.8840 g / cm³ and FAME 91.32%, while on the CaO catalyst that meets the standard SNI is at minute 60 weight of catalyst 1% j with density of 0.8880 g / cm³ and % FAME 56.04%.

Keywords: *Biodiesel, nyamplung oil, esterification, transesterification, NaOH and CaO catalyst*

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan yaitu minyak nyamplung. Pada pembuatan biodiesel ini terdiri dari proses esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar FFA dari minyak nyamplung yang masih tinggi yaitu 36.3% dengan menggunakan katalis asam sulfat (H₂SO₄) dan dilakukan pada pemanas waterbath pada suhu 60 °C selama 2 jam. Proses transesterifikasi minyak nyamplung dilakukan menggunakan pemanas *microwave* dengan waktu 50, 60, 70, dan 80 menit serta berat katalis NaOH dan CaO 0.2, 0.6, 1% sebagai variabel berubah pada penelitian ini, sedangkan untuk variabel tetap menggunakan suhu 60 °C dan perbandingan rasio molar minyak : metanol 1: 6. Dari hasil penelitian berbagai variabel diperoleh kondisi optimal dari proses transesterifikasi adalah katalis NaOH pada menit ke 80 berat katalis 1% yang memenuhi standar Nasional Indonesia yaitu memiliki nilai massa jenis sebesar 0.8840 g/cm³ dan % FAME 91.32%, sedangkan pada katalis CaO yang memenuhi standart SNI adalah pada menit ke 60 berat katalis 1% j dengan massa jenis sebesar 0.8880 g/cm³ dan % FAME 56.04%.

Kata Kunci : *Biodiesel, minyak nyamplung, esterifikasi, transesterifikasi, katalis NaOH dan CaO,*

PENDAHULUAN

Biodiesel memberikan sedikit polusi dibandingkan bahan bakar petroleum dan dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel. Banyak bahan yang dapat digunakan

sebagai sumber bahan baku biodiesel, salah satunya adalah minyak nyamplung. Minyak nyamplung sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki keunggulan antara lain minyak nyamplung mengandung 74% berat minyak, mudah didapat, dan harganya relatif murah.

Pembuatan biodiesel tidak memerlukan peralatan canggih, hanya reaktor kimia tempat berlangsungnya reaksi, dan corong pisah untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol. Produksi biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan pada skala kecil dan besar secara batch atau kontinyu. Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan minyak nabati untuk memproduksi biodiesel dengan menggunakan sistem batch untuk reaktor pengaduknya.

Proses transesterifikasi bertujuan mengolah minyak nabati dengan menambahkan alkohol dan katalis menjadi biodiesel. alkil esters pada rantai lemak yang panjang disebut biodiesel. Ester tersebut dapat dihasilkan dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi dengan metanol.

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu langkah memanfaatkan gelombang mikro dalam produksi biodiesel khususnya pada tahap transesterifikasi minyak nabati. Pemisahan gliserin dari biodiesel biasanya dilakukan dengan pemanasan. Pada pengolahan biodiesel secara konvensional waktu pemanasan sangat berpengaruh pada capaian hasil esterifikasi dan umumnya berlangsung selama 1-2 jam untuk skala kecil dan dapat mencapai lebih dari 12 jam untuk skala besar. Salah satu proses esterifikasi yang belum banyak dilakukan adalah memanfaatkan gelombang mikro. Dalam kaitan ini, gelombang mikro adalah pembangkit panas. Karena interaksi antara gelombang mikro dengan bahan biodiesel berlangsung dalam skala molekuler, maka dengan pemanfaatan gelombang mikro sebagai pembangkit panas, waktu reaksi akan berjalan lebih cepat.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya

merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005). Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel antara lain: (1) Biodiesel berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui; (2) Biodiesel memiliki kandungan aromatik dan sulfur yang rendah (Ma & Hanna, 1999); (3) Biodiesel memiliki *cetane number* yang tinggi (Zhang et al., 2003).

2. Minyak Nyamplung

Nyamplung atau *Calophyllum* L. termasuk dalam marga *Calophyllum* yang mempunyai sebaran cukup luas di dunia yaitu Madagaskar, Afrika Timur, Asia Selatan dan Tenggara, Kepulauan Pasifik, Hindia Barat dan Amerika Selatan. Di Indonesia nyamplung tersebar mulai dari Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, hingga Nusa Tenggara Timur dan Papua. Kelebihannya nyamplung sebagai sebagai bahan baku biofuel adalah bijinya yang mempunyai rendemen yang tinggi dan dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan.

3. Metode Pemanasan

Cara kerja *microwave* melalui panas yang terkandung pada gelombang bukan melalui kemampuan pemecahan ikatan kompleks dari FFA atau trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati. Pada metode konvensional, panas ditransfer ke reaktan dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi. Akan tetapi pada teknologi *microwave*, panas di transfer secara langsung pada reaktan tanpa melalui preheating.

Radiasi *microwave* akan mengaktifkan berbagai molekul polar dan ion-ion seperti alkohol sehingga mampu mengubah magnetiknya. Perubahan medan listrik tersebut mengakibatkan interaksi dipol-dipol molekul dan ion-ion bermuatan. Molekul dan ion tersebut akan berputar sangat cepat sehingga menghasilkan panas yang diakibatkan oleh friksi antarmolekul dan ion (Budiman dkk, 2014).

Keuntungan dari penggunaan *microwave* ini yaitu, yield dan kualitas produk yang lebih tinggi dibandingkan cara konvensional, konsumsi energi untuk pengoperasian 23 kali lebih rendah, prosesnya lebih ramah lingkungan, waktu reaksinya lebih cepat, perbandingan molar reaktan yang diperlukan lebih sedikit, produk samping yang

dihasilkan lebih sedikit, dan sistem transfer panasnya lebih efektif (Budiman dkk, 2014).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pembuatan katalis basa heterogen CaO yang diperoleh dari CaO murni. Katalis ini dilakukan proses kalsinasi untuk menghilangkan uap air dan senyawa CO₂ yang ada, proses kalsinasi dilakukan dalam suhu 700⁰C dan selama 2 jam.

Bahan minyak yang digunakan yaitu minyak nyamplung. Sebelum minyak nyamplung digunakan, minyak diuji %FFA (*Free Fatty Acid*) dengan mencampur dengan metanol dan dititrasi dengan NaOH. Kadar FFA minyak untuk proses transesterifikasi harus kurang dari 2%, untuk minyak dengan persen FFA lebih dari 2%, maka harus terlebih dahulu dilakukan proses esterifikasi dengan katalis asam yaitu H₂SO₄ sampai kadar FFA berkurang. Proses esterifikasi dapat dilakukan lebih dari satu kali sampai didapatkan minyak dengan kadar asam lemak bebas rendah (< 2%). Minyak dengan kadar asam lemak bebas rendah kemudian dilakukan proses transesterifikasi dengan metanol 98% menggunakan bantuan katalis CaO dan katalis NaOH suhu *setting* 60°C dalam *MICROWAVE*. Sebelum minyak digunakan harus diukur terlebih dahulu berat molekul untuk dapat menghitung molar dari minyak yang digunakan.

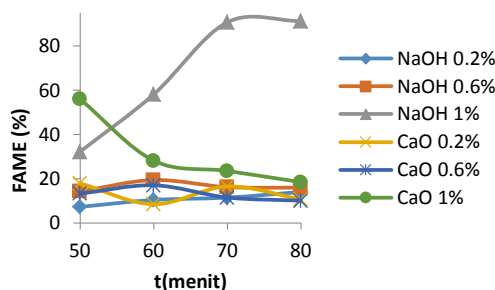
Produk hasil transesterifikasi kemudian dipisahkan didalam corong pisah hingga terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan bawah (gliserol dan sisa metanol) dan lapisan atas (biodiesel, sisa metanol dan sedikit sabun yang terbentuk selama proses). Lapisan atas tersebut dipisahkan dengan lapisan bawah, kemudian dicuci dengan air hangat 80°C agar mendapatkan biodiesel yang murni. Biodiesel yang didapatkan kemudian dipanaskan dengan suhu 100-130°C untuk menghilangkan air sisa pencucian dalam biodiesel. Selanjutnya biodiesel yang telah dimurnikan dianalisa kualitasnya meliputi kadar kemurnian dengan peralatan GC (*Gas Chromatography*), densitas, viscositas dan *flash point* atau titik nyala biodiesel.



Gambar 1.Alat Pemanas *Microwave*

HASIL DAN PEMBAHASAN

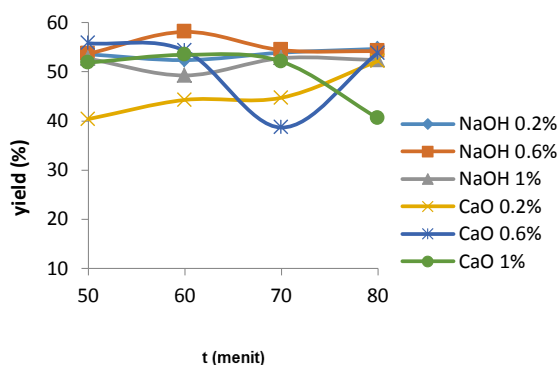
1. Pengaruh Waktu dan % berat katalis terhadap % FAME



Gambar 2. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap % FAME

Dari gambar diatas pengaruh waktu terhadap FAME menghasilkan biodiesel maksimal sebesar 91.32% untuk katalis NaOH, hasil tersebut dinyatakan pada grafik yang menunjukkan berat katalis 1% pada menit ke 80, sedangkan untuk hasil FAME menggunakan katalis CaO menghasilkan biodiesel 56.04% dengan grafik yang menunjukkan katalis 1% pada menit ke 50, pemilihan hasil optimal ini dilihat dari perbandingan beberapa variabel yang digunakan sehingga dipilih salah satu variabel yang menunjukkan hasil FAME yang tinggi dan optimal

2. Pengaruh Waktu dan % berat katalis terhadap Yield

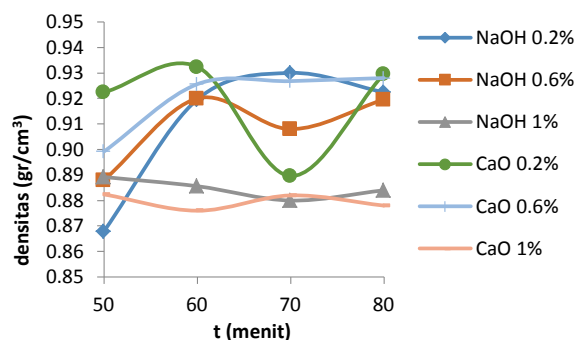


Gambar 3. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Yield biodiesel

Semakin tinggi kecepatan pengadukan akan menaikkan pergerakan molekul dan menyebabkan adanya tumbukan. Pada awal terjadinya reaksi, pengadukan akan menyebabkan terjadinya difusi antara minyak atau lemak sampai terbentuk metil ester. Berdasarkan gambar 4.2 di atas dapat diketahui bahwa perolehan yield biodiesel

katalis NaOH dan CaO menghasilkan yield maksimal dari beberapa variabel yang digunakan yaitu pada 0.6% menit ke 60 dengan nilai yield 58.12% untuk penggunaan katalis NaOH, sedangkan untuk penggunaan katalis CaO menghasilkan 0.6% pada menit 50 dengan hasil yield biodiesel 55.81%.

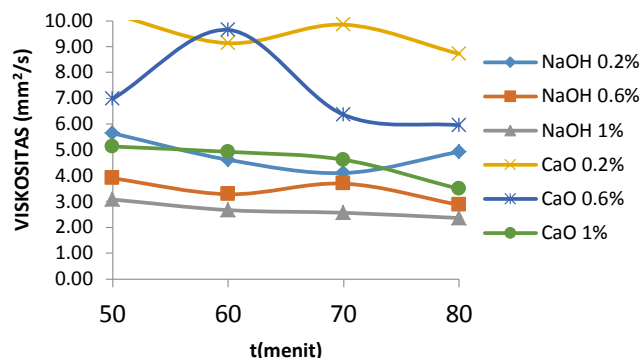
3. Pengaruh Waktu dan % berat katalis terhadap Densitas



Gambar 4. Densitas dan Waktu pada proses Transesterifikasi Katalis NaOH dan CaO

Terpenuhinya nilai massa jenis (densitas) ini dipengaruhi oleh proses pemurnian biodiesel yang berhasil, tidak murninya biodiesel karena masih mengandung pengotor sehingga menyebabkan nilai massa jenis yang tinggi. Dapat dilihat dari gambar 4.3 di atas bahwa hasil pengukuran densitas biodiesel adalah 0.868 – 0.930 g/cm³ untuk katalis NaOH, Sedangkan untuk katalis CaO menghasilkan densitas yaitu 0.876 – 0.932 g/cm³.

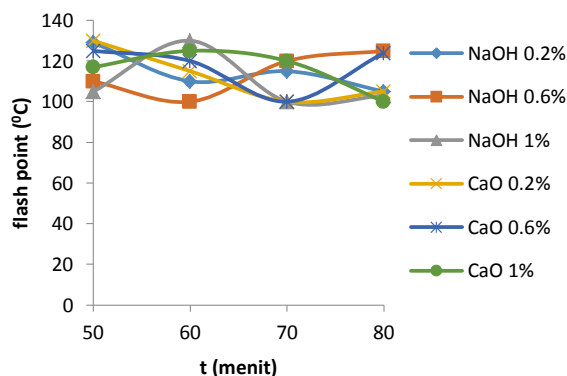
4. Pengaruh Waktu dan % berat katalis terhadap Viskositas



Gambar 5. Viskositas dan Waktu pada Proses Transesterifikasi dengan Katalis NaOH dan CaO

Dari gambar 5 diatas dapat terlihat hasil dari perhitungan viskositas katalis NaOH, katalis NaOH menunjukkan nilai viskositas 2.35 – 5.64 cSt, sedangkan viskositas menggunakan katalis CaO menunjukkan nilai yang optimum adalah 3.48 – 10.26 cSt. Ditinjau dari data perhitungan viskositas katalis CaO ada beberapa nilai yang tidak sesuai dengan standar SNI, Hal ini dikarenakan reaktor yang digunakan kurang kuat terhadap tekanan pada saat bereaksi.

5. Pengaruh waktu terhadap Flash Point



Gambar 6. Flash point dan Waktu pada Proses Transesterifikasi Katalis NaOH dan CaO

Dalam uji viskositas ini terdapat perbedaan warna titik nyala api yang dihasilkan masing-masing biodiesel. Perbedaan yang terjadi dalam titik nyala api tersebut dapat

dikarenakan masih adanya pengotor yang berupa gliserol dan sisa katalis yang belum sepenuhnya hilang dari hasil metil ester. Hal ini dapat disebabkan karena masih adanya kandungan komponen dalam biodiesel yang mempunyai *flash point* yang tinggi sehingga ditinjau dari hasil gambar 5 di atas range flash point adalah antara 100 – 129⁰C untuk katalis NaOH, sedangkan dengan menggunakan katalis CaO sebesar 100 – 130⁰C.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung berbasis katalis NaOH dan CaO menggunakan alat pemanas *microwave* pada proses transesterifikasi dapat disimpulkan :

1. Pengaruh waktu terhadap analisa biodiesel katalis NaOH, dapat terlihat dari hasil FAME yaitu pada nilai optimum sebesar 91.32%, dan nilai densitas sesuai standar SNI yaitu 0.8840 g/cm³. Hal ini menandakan bahwa kesetimbangan reaksi telah tercapai.
2. Sedangkan pada waktu terhadap analisa biodiesel katalis CaO, dapat terlihat dari hasil FAME sebesar 56.04%, dan nilai densitas sesuai standar SNI yaitu 0.8824 g/cm³.
3. Untuk hasil biodiesel yang terlihat dari kedua katalis di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan katalis NaOH sangat optimum digunakan untuk proses biodiesel karena mampu menghasilkan nilai densitas dan FAME yang baik dan sesuai dengan standar baku mutu biodiesel SNI.

SARAN

1. Pada saat proses Transesterifikasi sebaiknya lubang untuk pengadukan pada *microwave* ditutup menggunakan aluminium foil agar metanol dalam reactor (beaker glass) tidak menguap dan agar terjadi reaksi yang sempurna.
2. Penelitian tentang biodiesel ini adalah merupakan penelitian pendahuluan sehingga belum banyak data kuantitatif yang dapat diungkap. Disarankan berikutnya dilakukan studi tentang pengukuran efisiensi peralatan transesterifikasi yang menggunakan gelombang mikro dan juga memberikan variasi terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika Putri (2007) “Penggunaan CaO sebagai katalis basa padat mempunyai banyak keuntungan”. Vol 6, Januari 2008.
- Anonim. 2008. “Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan (P3hh)
- Bailey, Edward, 1982. *Bailey’s Industrial Oil and Fat Products*. Vol 2, 4th ed, John Wiley and Sons Ltd, New York.
- Canacki, M., Van Gerpen, J. 1999.”Biodiesel Production via Acid Catalysis”. *Trans ASAE* 42(5) : 1203- 1210.
- Canacki, M., Van Gerpen, J. 2001. ”Biodiesel Production From Oils and Fats with High Free Fatty Acids”. *Trans ASAE* 44(6) : pp.1429-1436.
- Canacki M., and Gerpen, J.H, *Biodiesel Production via Acid Catalysis*, Transactions of the ASAE, 42(5), 1999, pp. 1203-1210.
- Corsaro A., Chiacchio U., Pistara V., Romeo G, *Microwave-assisted Chemistry of Carbohydrates, Current Organic Chemistry*, Volume 8, Number 6, April 2004, pp. 511-538
- Demirbas, A., 2009, Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels, *Energy Conversion and Management*, 50(1), 14-34.
- Freedman, B., Pryde, E. H. Oct 1984. ”Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetables Oils”. *JAOCS* 61(10) : pp.1638-1643.
- Gemma Vicente, Mercedes Martínez, and José Aracil, A Comparative Study of Vegetable Oils for Biodiesel Production in Spain, *Energy Fuels*, 20 (1), 2006, pp. 394 -398.
- Hart, H., Craine, L.E., Hart, D.J. 2003. *Kimia Organik jilid.suatu kuliah singkat*. Jakarta : Erlangga.<http://www.forda-mof.org>. Diakses 9 Desember 2014
- Hernando J., Leton P., M.P. Matia, J.L. Novella and J. Alvarez-Builla, Biodiesel and FAME synthesis assisted by microwaves: Homogeneous batch and flow processes, *Fuel*, Volume 86, Issues 10-11, July-August 2007, pp. 1641-1644.
- Hui (2006) “*pengadukan akan menyebabkan terjadinya difusi antara minyak atau lemak sampai terbentuk methyl ester*”. Diakses pada tanggal 23 Juli 2016.
- Irawan, G, 2006, *Prospek Biodiesel Cerah.*, www.sinarharapan.com/oto.html, Diakses tanggal 24 Mei 2009.
- Juan dkk (2007) “*proses esterifikasi katalis yang banyak digunakan adalah katalis homogen*”. Diakses pada tanggal 28 Juli 2016.
- Kirk, R.E. and Othmer, D. F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., vol. 9, John Wiley and Sons, New York.
- Knothe, G, 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by FiberOptic Near Infrared Spectroscopy with correlation to H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *JAOCS*. 77, J 9483, 489-493.
- Lam, M.K., Lee, K.T., and Mohamed, A.R., 2010, Homogeneous, Heterogeneous and Enzymatic Catalysis for Transesterification of High Free Fatty Acid Oil (Waste Cooking Oil) to Biodiesel: A review, *Biotechnology Advances*, 28(4), 500-518.
- Lele. S. 2005. Biodiesel in India. <http://www.svlele.com/biodiesel>. Diakses pada tanggal 20 Juli 2016
- Lotero et al, 2005 “*penggunaan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi memiliki beberapa persyaratan penting, diantaranya alkohol yang digunakan harus dalam keadaan anhydrous*”. Diakses pada tanggal 10 Juli 2016

- Majid (2012) “Pemanasan dengan menggunakan *microwave* lebih menguntungkan dibandingkan dengan pemanasan secara konvensional”. Diakses pada tanggal 28 Juli 2016
- Ma, F and M. A. Hanna, 1999, Biodiesel Production: a Review, *Bioresources, Technol* 70: 1-15. Melaksanakan Penelitian Pembuatan Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calophylluminophyllum L.*). [Online]. Tersedia:
- Ma & Hanna, 1999 “*Biodiesel memiliki kandungan aromatik dan sulfur yang rendah*”.
- Satoshi Furuta, Hiromi Matsushashi, and Kazushi Arata, Biodiesel fuel production with solid superacid catalysis in fixed bed reactor under atmospheric pressure, *Catalysis Communications*, Volume 5, Issue 12, December 2004, pp. 721-723.
- Soerawidjaja, T. H. Prakoso, Tirta, Reksowardojo, Imam K. 2005. “*Prospek, Status dan Tantangan Penegakan Industri Biodiesel di Indonesia*”.
- Sprules, F.J., Price, D., 1950. *Production of fatty esters*. US Patent 2, 366-494.
- Titipong Issariyakui, Mangesh G. Kulkarni, Ajay K. Dalai and Narendra N. Bakhshi, Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system, *Fuel Processing Technology*, Volume 88, Issue 5, May 2007, pp. 429- 436.
- Zhang et al, 2003 “*Biodiesel memiliki yang cetane number yang tinggi*”. Diakses pada tanggal 30 Agustus 2016.