

Pembuatan Biodiesel dari Ampas Kelapa dengan Metode Transesterifikasi *In-situ* dan Katalis Kalsium Oksida

Production of Biodiesel from Coconut Waste by *In-situ* Transesterification Method and Catalyst Calcium Oxide

Tutik Muji Setyoningrum^{a*}, Afriando Ryan Maulana^a and Suryo Wahyu Adhiguno^a

^aJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional (UPN) "Veteran" Yogyakarta, Jalan SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283 Indonesia

Artikel histori :

Diterima 20 November 2018
Diterima dalam revisi 26 Maret 2019
Diterima 8 April 2019
Online 30 Juni 2019

ABSTRAK: Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang mendapat perhatian besar dunia. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia. Ampas daging kelapa masih mengandung minyak nabati sampai 24 % berat. Potensi dari ampas kelapa tersebut dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel yang ekonomis. Penelitian ini menggunakan ampas kelapa sebagai bahan baku utama. Proses produksi biodiesel dilakukan dengan transesterifikasi *in-situ* menggunakan metanol sebagai pelarut dan reaktan dan serbuk kalsium oksida sebagai katalis. Katalis diaktivasi dengan pengadukan dan pemanasan dalam metanol. Kadar minyak dalam ampas kelapa yang diperoleh melalui sokletasi sebesar 20% berat. Perbandingan metanol terhadap ampas kelapa 12.5:1 (v/b) dan perbandingan katalis terhadap ampas kelapa 3,5 % (b/b) menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 96,43 % (mol/mol). Titik nyala biodiesel pada variable tersebut mencapai 116 °C. Nilai tersebut telah memenuhi standar dari Badan Standar Nasional (BSN).

Kata Kunci: biodiesel; ampas kelapa; transesterifikasi *in-situ*; kalsium oksida; metanol

ABSTRACT: Biodiesel is an alternative fuel for diesel engine that attracts the world attention. Indonesia is one of the biggest coconut producers in the world. Coconut meat waste is known to still contain up to 24% wt of vegetable oil. The potential of this coconut waste can be used for producing biodiesel that has economical value. This research uses coconut waste as the main raw material. The biodiesel production process is carried out by *in-situ* transesterification method with methanol as the solvent and reactant; and calcium oxide powder as the catalyst. The catalyst is activated by stirring and heating in methanol. The oil percentage in the coconut waste obtained from soxhletation is 20 % wt. The ratio of methanol to coconut waste of 12.5:1 (v/w) and catalyst to coconut waste of 3.5 % wt results the biodiesel *yield* of 96.43 % mol. The biodiesel flash point at this variable is 116 °C. This value has met the *Badan Standar Nasional* (BSN) standard.

Keywords: biodiesel; coconut waste; *In-situ* transesterification; calcium oxide; methanol

1. Pendahuluan

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang mendapat perhatian besar dunia (Gerpen, 2004). Pada tahun 2030 diperkirakan dunia membutuhkan energi 60% dari persediaan energi saat ini (Patil, 2008). Salah satu cara yang efektif untuk mengurangi harga produksi adalah dengan menggunakan minyak nabati yang murah dan tidak dapat digunakan sebagai bahan pangan seperti minyak jelantah, jatropha, kelapa, kelapa sawit, dan lemak hewan. Bahan baku yang berkelanjutan dan ekonomis adalah faktor

kunci agar biodiesel dapat bersaing secara komersial (Sulaiman, 2013).

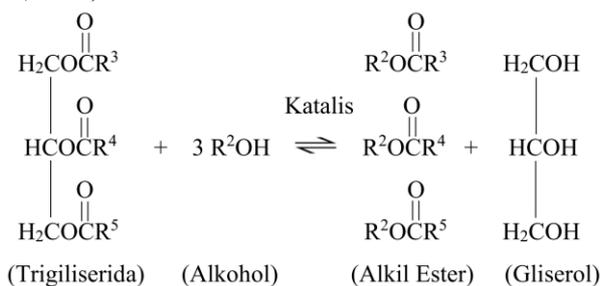
Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia (Putri, 2010). Sebagian besar daging kelapa dimanfaatkan oleh industri santan kelapa, baik dalam bentuk cair maupun bubuk. Salah satu industri yang memanfaatkan daging kelapa adalah Sambu Group yang pabriknya terletak di Kepulauan Riau. Perusahaan tersebut mampu memproduksi antara 120.000 sampai 150.000 ton santan (dalam bentuk krim dan cair) setiap tahun (<https://sambugroup.com>). Produksi santan tersebut menghasilkan limbah padat berupa ampas kelapa yang biasanya langsung dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan pakan ternak.

Ampas kelapa merupakan pilihan yang bagus untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel. Ampas daging

*Corresponding Author:
Email: tutikmuji@upnyk.ac.id

kelapa masih mengandung minyak nabati sampai 24 % berat. Potensi dari ampas kelapa tersebut dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel yang ekonomis (Sulaiman, 2013). Noorzalila (2016) melaporkan bahwa pada rasio molar metanol terhadap minyak 12,5:1 dengan waktu reaksi 6 jam, katalis asam sulfat 5 % berat minyak, dan suhu operasi 65 °C dapat menghasilkan *yield* FAME 91,89 %. Sedangkan Sulaiman (2013) melaporkan bahwa. Proses pembuatan biodiesel selama 7 jam dengan katalis KOH 2 % berat minyak, kecepatan pengadukan 700 rpm, dan suhu operasi 62 °C dapat menghasilkan *yield* FAME 88,5 %.

Mekanisme proses *in-situ* dimulai dengan terjadinya kontak antara alkohol dan katalis. Selanjutnya alkohol masuk ke dalam sel dan menghancurkan bagian-bagian sel kemudian melarutkan minyak yang terkandung dalam bahan baku. Minyak yang telah terekstrak bereaksi dengan alkohol menghasilkan alkil ester dengan bantuan katalis (Haas, 2004).



Gambar 1. Transesterifikasi Trigliserida dengan Alkohol

Seperti halnya reaksi transesterifikasi atau esterifikasi yang dilakukan secara konvensional, proses berlangsungnya reaksi transesterifikasi *in-situ* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kadar air dan asam lemak bebas bahan baku, jenis pelarut, rasio pelarut terhadap bahan baku, jenis katalis, konsentrasi katalis, waktu reaksi, suhu reaksi, ukuran bahan dan kecepatan pengadukan. Penurunan kadar air sampai 1.9 % (Qian, 2008) meningkatkan kelarutan minyak dalam methanol sampai 99,7 %, sedangkan penurunan kadar asam lemak bebas sampai <1% (Choo, 2004) dapat meningkatkan *yield* metil ester sampai 98 %. Ukuran partikel bahan baku yang semakin kecil akan meningkatkan rendemen biodiesel karena kontak reaksi semakin luas. Metanol bukan pelarut yang baik untuk minyak, namun kebanyakan peneliti menggunakan metanol sebagai media pengekstrak. Pemilihan ini lebih didasarkan pada harganya yang lebih murah dan rantai paling pendek, sehingga paling reaktif untuk reaksi esterifikasi dan transesterifikasi (Qian, 2008). Katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling umum adalah NaOH, KOH, NaOCH₃, dan KOCH₃. Katalis NaOH lebih reaktif dibandingkan KOH. Katalis NaOCH₃ lebih reaktif namun harganya lebih mahal (Choo, 2004). Reaksi transesterifikasi hanya membutuhkan 0,5 – 1,5 % katalis untuk memperoleh konversi tinggi, sedangkan transesterifikasi *in-situ* membutuhkan jumlah katalis yang

lebih banyak karena volume campuran bahan baku lebih besar (Shiu, 2010). Proses transesterifikasi *in-situ* membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan transesterifikasi karena terjadi ekstraksi minyak terlebih dahulu sebelum terjadi reaksi. Transesterifikasi *in-situ* menggunakan pelarut metanol dapat dijalankan pada suhu 25-65 °C. Pada suhu 65 °C konversi maksimum diperoleh lebih cepat dibandingkan pada 25 °C (Sahirman, 2009). Kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi antara 150 – 300 rpm sudah mampu menghasilkan *yield* biodiesel tinggi (Choo, 2004), sedangkan untuk transesterifikasi *in-situ* dibutuhkan kecepatan pengadukan minimum 600 rpm untuk mendapatkan *yield* biodiesel tinggi (Kusumaningtyas, 2011).

2. Metode Penelitian

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendingin balik, pengaduk, labu leher tiga, termometer, statif, klem, *water bath*, labu didih, kondenser, kompor listrik, dan erlenmeyer.

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas kelapa, metanol, kalsium oksida, aquades, dan etanol.

2.3 Cara Kerja

Ampas Kelapa yang diperoleh dikeringkan dengan penjemuran di bawah sinar matahari pada pukul 09.00 – 14.00 WIB. Pada penelitian ini digunakan ampas kelapa sebanyak 40 g. Katalis CaO diaktivasi terlebih dahulu dengan dicampurkan dengan metanol selama 15 menit.

Ampas kelapa dimasukkan ke dalam labu leher tiga kemudian dipanaskan dengan *water bath* sampai 62 °C, suhu dijaga tetap, dan diaduk dengan pengaduk pada kecepatan 700 rpm. Campuran yang menguap didinginkan dengan pendingin balik. Reaksi dibiarkan berlangsung selama 3 jam. Reaksi dihentikan dengan mematikan *water bath* dan mengalirkan air dingin di dinding labu leher tiga bagian luar sehingga terjadi penurunan suhu.

Variabel yang dipelajari adalah perbandingan volume metanol dengan massa ampas kelapa 5:1, 7,5:1, 10:1, 12,5:1, 15:1, 17,5:1, dan 20:1 (ml/g) pada kadar CaO 3 % berat ampas kelapa dan perbandingan massa CaO dengan massa ampas kelapa 1,5, 2, 2,5, 3,5, 4, dan 4,5 % (g/g).

Biodiesel dipisahkan dari endapan dengan kertas saring yang diletakkan di dalam corong. Campuran biodiesel dan pengotornya dilewatkan kertas saring tersebut kemudian filtrat yang berupa campuran metanol, biodiesel, dan gliserol ditampung dalam labu didih.

Metanol dipisahkan dengan distilasi pada suhu 65 °C (titik didih metanol). Metanol yang teruapkan diembunkan dengan kondenser kemudian ditampung dalam erlenmeyer. Distilasi dihentikan ketika tidak ada metanol yang menetes dalam erlenmeyer lagi pada suhu distilasi 65 °C.

Gliserol dipisahkan dengan corong pemisah. Campuran biodiesel didiamkan dalam corong pemisah selama satu hari. Gliserol yang terbentuk pada lapisan bawah dipindahkan ke dalam gelas beker dengan membuka keran corong pemisah secara perlahan.

Sebagian gliserol yang masih tercampur dalam biodiesel dicuci dengan aquades. Penambahan aquades dilakukan dengan cara disemprotkan dari atas corong pemisah. Campuran didiamkan selama satu hari kemudian larutan gliserol yang terbentuk di lapisan bawah dipindahkan ke dalam gelas beker.

3. Hasil dan Pembahasan

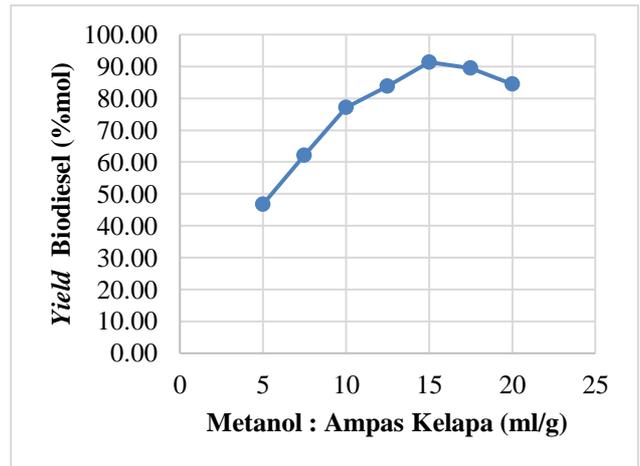
3.1 Analisis Bahan Baku

Berdasarkan hasil sokletasi minyak dalam 40g ampas kelapa diperoleh 8,8462 g minyak. Terhadap minyak tersebut dilakukan uji kandungan trigliserida dengan uji GC-MS di Laboratorium Penelitian Terpadu, Fakultas Farmasi, Universitas Ahmad Dahlan. Trigliserida yang teridentifikasi adalah gliseril tridodekanoat dengan total 91,71 % area. Jika persen area tersebut digunakan sebagai kadar trigliserida dalam minyak kelapa, maka jumlah mol gliseril tridodekanoat sebesar 0,0127 gmol.

Berdasarkan stoikiometri reaksi, transesterifikasi antara satu gmol gliseril tridodekanoat dengan tiga gmol metanol sebagai reaktan dan kalsium oksida sebagai katalis basa akan menghasilkan tiga gmol metil dodekanoat (biodiesel) dan satu gmol gliserol, sehingga jumlah mol biodiesel yang seharusnya terbentuk adalah 0,0381 gmol.

3.2 Pengaruh Perbandingan Metanol dengan Ampas Kelapa Terhadap Yield Biodiesel

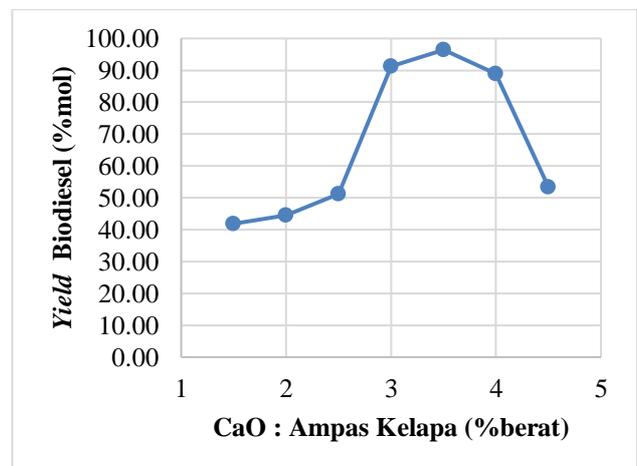
Hasil uji GC-MS biodiesel pada variabel volume metanol : massa ampas kelapa yang dilakukan di Laboratorium GC-MS, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada dapat dilihat pada Gambar 2. *Yield* biodiesel dapat ditingkatkan dengan memberikan jumlah metanol yang berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (biodiesel). Qian (2008) melaporkan bahwa peningkatan rasio molar methanol terhadap biji kapas dari 85:1 sampai 135:1 mampu meningkatkan konversi minyak dari 70 % sampai 98 %. Hasil penelitian yang diilustrasikan dalam Gambar 2 mengindikasikan rasio volume metanol terhadap massa ampas kelapa (ml/g) memiliki dampak yang cukup signifikan pada *yield* biodiesel. *Yield* biodiesel meningkat dari 46,74 % sampai 91,34 % seiring peningkatan rasio dari 5:1 sampai 15:1. Meskipun demikian, *yield* biodiesel sedikit berkurang ketika rasio melebihi 15:1 dan terus berkurang sampai 20:1. Penurunan *yield* biodiesel dapat disebabkan oleh konsentrasi katalis CaO yang semakin berkurang seiring meningkatnya rasio (Liu, 2008). CaO semakin sering bertumbukan dengan methanol, tetapi semakin jarang dengan minyak. Oleh karena itu, rasio optimum yang diperoleh adalah 15:1 dengan *yield* biodiesel 91,34 %.



Gambar 2. Hubungan antara metanol : ampas kelapa (ml/g) terhadap *yield* biodiesel

3.3 Pengaruh Perbandingan Katalis dengan Ampas Kelapa terhadap Yield Biodiesel

Sulaiman (2010) melaporkan bahwa *yield* biodiesel dari ampas kelapa yang diproduksi melalui proses yang sama menggunakan katalis KOH dengan rasio katalis 5 % adalah sebesar 64 %. Sedangkan hasil penelitian yang diilustrasikan pada Gambar 3 mengindikasikan bahwa *yield* biodiesel meningkat secara signifikan dengan peningkatan rasio. *Yield* biodiesel meningkat dari 41,87 % sampai 96,43 % seiring peningkatan rasio dari 1,5 % sampai 3,5 %. Meskipun demikian, *yield* biodiesel berkurang ketika rasio melebihi 3,5 % dan terus berkurang sampai 4,5 %. Penurunan *yield* biodiesel dapat disebabkan oleh kemampuan sisi aktif katalis dalam menyerap biodiesel. Peningkatan rasio berarti meningkatkan jumlah katalis dalam campuran selama reaksi berlangsung, sehingga katalis juga akan lebih sering bertumbukan dengan biodiesel dan menyerap sebagian biodiesel tersebut. (Zhu, 2006). Oleh karena itu, rasio optimum yang diperoleh adalah 3,5 % dengan *yield* biodiesel 96,43 %.



Gambar 3. Hubungan antara massa CaO : massa ampas kelapa (g/g) terhadap *yield* biodiesel

3.4 Titik Nyala Biodiesel pada Variabel Optimum

Hasil uji beberapa sifat fisis biodiesel pada variable optimum yang dilakukan di Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Tabel 1. Penelitian ini meninjau salah satu syarat mutu biodiesel, yaitu titik nyala (*flash point*). BSN telah menetapkan titik nyala biodiesel yang layak digunakan minimal 100 °C. Hasil uji titik nyala menunjukkan 116 °C, sehingga dapat dinyatakan bahwa titik nyala biodiesel dari ampas kelapa ini telah memenuhi standar nasional Indonesia (SNI).

Tabel 1 Hasil Uji Sifat Fisis Biodiesel pada Variabel Optimum

Sampel	Nilai Kalori (cal/g)	Densitas (g/cm ³)	Titik Kabut (°C)	Titik Nyala (°C)
1	8604,3162	0,8806	17	117
2	8567,0185	0,8805	16	115
3	8524,7685	0,8808	17	116
Rata-rata	8565,3677	0,8806	16,6667	116

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa minyak dalam ampas kelapa dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui transesterifikasi *in-situ* dengan katalis padat kalsium oksida. Rasio metanol : ampas kelapa (ml/g) sebesar 15:1 dan CaO : ampas kelapa (% berat) sebesar 3,5% menghasilkan *yield* biodiesel tertinggi, yaitu 96,43 % mol. Hasil uji titik nyala pada *yield* biodiesel tertinggi sebesar 116 °C menunjukkan bahwa biodiesel telah memenuhi standar di Indonesia (minimum 100 °C)

Daftar Pustaka

Badan Standar Nasional. (2015). Biodiesel. Jakarta: BSN. www.bsn.go.id. Diakses pada tanggal 22 Februari 2017.

Choo, Yuen May. (2004). Transesterification of Palm Oil: Effect of Reaction Parameters. *Journal of Oil Palm Research* 16 (2): 1-11.

Fiedler, Eckhard, et al. (2002). *Methanol. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Friedrich, Stephan. (2004). *A World Wide Review of The Commercial Production of Biodiesel – A Technological, Economic, and Ecological Investigation Based on Case Studies*. Wien: Wirtschaftsuniversität.

Georgianni, K. G. et al. (2008). Conventional and In Situ Transesterification of Sunflower Seed Oil for the Production of Biodiesel. *Fuel Processing Technology* 89: 503-509.

Gerpen, J. Van, B. Shanks, dan R. Pruszko.(2004). *Biodiesel Analytical Methods*. United States: National Renewable Energy Laboratory.

Haas, M. J. et al. (2004). In Situ Alkaline Transesterification: An Effective Method for The Production of Fatty Acid Esters from Vegetable Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 8(1): 83-89.

Hakeem, Khalid Rehman, Mohammad Jawaaid, Umer Rashid. (2014). *Biomass and Bioenergy Applications*. Springer International Publishing Switzerland.

Kenny, Martyn dan Tony Oates. *Lime and Limestone. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Kouzu, Masato dan Jyu-suke Hidaka. (2012). Transesterification of Vegetable Oil Into Biodiesel Catalyzed by CaO: A Review. *Fuel* 93: 1-12.

Kusumaningtyas, Nur Widi. (2011). Proses Esterifikasi Transesterifikasi in-situ Minyak Sawit dalam Tanah Pemucat Bekas untuk Proses Produksi Biodiesel. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Liu, Xueju, dkk. (2008). Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as A Solid Base Catalyst. *Fuel* 87: 216-221.

Ma, Fangrui dan Milford A. Hanna. (1999). Biodiesel Production: A Review. *Bioresource Technology* 70: 1-15.

Meher, L.C., D. Vidya Sagar, dan S.N. Naik. (2006). Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification – A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10: 248-268.

Murti, Galuh Wirama, Nurdiah Rahmawati, Septiana Is Heriyanti, dan Zulaiha Dwi Hastuti. (2015). Optimasi Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit dan Jarak Pagar Dengan Menggunakan Katalis Heterogen Kalsium Oksida. *Jurnal Energi dan Lingkungan*. Vol. 11, No. 2, Hal. 91-100.

Noorzalila, M. N. Dan M. A. Nurul Asikin. (2016). Synthesis of Biodiesel from Coconut Waste via *In-situ* Transesterification. *Iranica Journal of Energy and Environment* 7(2): 109-113.

Noureddini, H. dan D. Zhu. (1997). Kinetics of Transesterification of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74 (11), hal. 1457-1463.

Patil, Vishwanath, Khanh-Quang Tran, dan Hans Ragnar Giselrod. (2008). Towards Sustainable Production of Biofuel from Microalgae. *Int. J. Mol. Sci.* 9: 1188-1195.

Putri, Meddiati Fajri. (2010). Tepung Ampas Kelapa pada Umur Panen 11-12 Bulan Sebagai Bahan Pangan Sumber Kesehatan. *Jurnal Kompetensi Teknik*, Vol. I, No. 2.

Qian, Junfeng et al. (2008). In Situ Alkaline Transesterification of Cottonseed Oil for Production of Biodiesel and Nontoxic Cottonseed Meal. *Bioresource Technology* 99: 9009-9012.

Sahirman. (2009). Perancangan Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum*

- Inophyllum L.*). Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- ScienceLab.com, Inc. Calcium Oxide MSDS. www.sciencelab.com. Diakses pada tanggal 13 Mei 2017.
- ScienceLab.com, Inc. Methyl Alcohol MSDS. www.sciencelab.com. Diakses pada tanggal 24 Februari 2017.
- Sharma, Y. C., B. Singh, dan S.N. Upadhyay. (2008). Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: A Review. *Fuel* 87: 2355-2373.
- Shiu, Pei-Jing et al. (2010). Biodiesel Production from Rice Bran by A Two-Step In Situ Process. *Bioresource Technology* 101: 984-989.
- Sulaiman, Sarina, A.R. Abdul Aziz, dan Mohamed Kheireddine Aroua. (2010). Coconut Waste as a Source for Biodiesel Production. *International Conference on Chemical, Biological, and Environmental Engineering (2nd)*.
- Sulaiman, Sarina, A.R. Abdul Aziz, dan Mohamed Kheireddine Aroua. (2013). Reactive Extraction of Solid Coconut Waste to Produce Biodiesel. *Journal of The Taiwan Institute of Chemical Engineers* 44: 233-238.
- Winarso, L. et al. (1998). Operation Hand Out. Bontang: PT. Kaltim Methanol Industry.
- Zhu, Huaping, et al. (2006). Preparation of Biodiesel Catalyzed by Solid Super Base of Calcium Oxide and Its Refining Process. *Chinese Journal of Catalysis*, vol. 7, issue 5: 391 – 396.