

KARAKTERISTIK BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS ABU GOSOK DENGAN VARIASI PENAMBAHAN METANOL

Yelmira Zalfiatri*, Fajar Restuhadi, Rizky Zulhardi

Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293
e-mail: *zalfiatri@gmail.com; yelmira.zalfiatri@lecturer.unri.ac.id

Diterima: 24 Oktober 2018 / Disetujui: 20 Juni 2019 / Dipublikasi online: 19 Juli 2019

DOI: <https://doi.org/10.22437/chp.v3i1.5774>

ABSTRACT

Biodiesel is the reaction esterification and transesterification between oil and alcohol. Biodiesel raw materials in the form of vegetable oil, one of which is Waste Cooking Oil (WCO). This study aims to obtain the addition of the best methanol in the manufacture of biodiesel from cooking oil. The research method used Randomized Complete Design (RAL) with M1 treatment (methanol 65 ml), M2 (methanol 75 ml), M3 (methanol 85 ml) and M4 (95 ml methanol). The best result was obtained with addition of 95 ml of methanol (M4) with 0.42 mg KOH / g, total glycerol 0,08%, flash point 227 °C, saponification number 123,46 mg KOH/g and methyl ester 99,4%.

Keywords: Biodiesel, Cooking Oil, Methanol, Ash Rub Catalyst.

ABSTRAK

Biodiesel merupakan hasil reaksi esterifikasi dan transesterifikasi antara minyak dengan alkohol. Bahan baku biodiesel berupa minyak nabati, salah satunya minyak jelantah. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh penambahan metanol terbaik pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan M1 (metanol 65 ml), M2 (metanol 75 ml), M3 (metanol 85 ml) dan M4 (metanol 95 ml). Hasil penelitian terbaik dengan penambahan metanol 95 ml (M4) dengan jumlah asam 0,42 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,08%, titik nyala 227 °C, angka saponifikasi 123,46 mg KOH/g dan kadar metil ester 99,4%.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Metanol, Katalis Abu Gosok.

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Biodiesel berasal dari minyak nabati atau hewani melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi antara minyak dengan alkohol. Hasil reaksi ini akan menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping.

Pada proses pembuatan biodiesel dibutuhkan katalis guna mempercepat reaksi. Salah satu katalis heterogen alami yang bisa digunakan adalah abu gosok. Abu gosok dapat dihasilkan dari sekam padi yang berasal dari proses penggilingan padi. Proses penggilingan padi menghasilkan sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8 - 12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah. Abu gosok mengandung K_2O 0,58 - 2,5% dan Na_2O 0-1,75% yang berpotensi sebagai pengganti katalis dalam proses pembuatan biodiesel (Goffman, 2003).

Penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen oleh Saputri (2016) memvariasikan penambahan katalis abu gosok, Dalimunthe (2016) memanfaatkan katalis basa heterogen berbahan dasar cangkang telur

ayam, Nurdini (2008) memanfaatkan abu *coco peat* sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah.

Faktor lain yang mempengaruhi pembuatan biodiesel yaitu reaktan. Reaktan berguna mempercepat reaksi esterifikasi dan transesterifikasi pada biodiesel dari minyak jelantah. Metanol merupakan jenis alkohol yang biasa digunakan pada poses pembuatan biodiesel. Metanol memiliki beberapa keunggulan diantaranya berat molekul paling rendah sehingga kebutuhannya untuk proses alkoholis relatif sedikit, lebih murah dan lebih stabil. Selain itu, metanol memiliki daya reaktivitas yang tinggi. Fitriyana *et al.* (2012) menambahkan metanol pada pembuatan biodiesel berfungsi sebagai pelarut pengekstrak komponen-komponen minyak sekaligus sebagai reaktan.

Secara teoritis reaksi transesterifikasi membutuhkan rasio substrat metanol dengan minyak sebesar 3:1, akan tetapi reaksi tersebut membutuhkan lebih dari 3 mol metanol untuk menghasilkan metil ester yang maksimum. Penambahan metanol yang berlebih dari rasio mol akan mendorong reaksi ke kanan meningkatkan metil ester yang dihasilkan, sehingga proses pemisahan salah satu produk dari campuran hasil reaksi akan lebih mudah (Mery, 2002).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah, metanol dan abu gosok. Bahan yang digunakan untuk analisis KOH 0,1 N, KOH 0,5 N, indikator phenolphthalein (pp), HCl 0,5 N, NaOH 0,1 N kloroform (CHCl₃), asam asetat glasial (C₂H₄O₂), larutan kalium iodida (KI) 15% asam periodat, Na-tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,01 N, Na-tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,1 N, alkohol netral, kertas saring dan akuades.

Alat-alat yang digunakan adalah labu leher tiga 500 ml, termometer, kondensor, magnetik stirer, pengaduk, oven, loyang, erlenmeyer 250 ml, *beaker glass* 500 ml, labu ukur 1000 ml, corong pemisah, ember, selang, pompa air, labu takar, pipet tetes, gelas ukur 50 ml dan timbangan analitik.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dengan empat kali ulangan.

M 1 = Penambahan metanol 65 ml

M 2 = Penambahan metanol 75 ml

M 3 = Penambahan metanol 85 ml

M 4 = Penambahan metanol 95 ml

2.3. Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Pengujian kadar asam lemak bebas

Pengujian kadar asam lemak bebas minyak jelantah mengacu kepada Sudarmadji *et al* (1984). Minyak yang akan diproses secara transesterifikasi menggunakan katalis basa,

hendaknya memiliki kadar asam lemak bebas (%FFA) sekitar 1-2%. Kadar asam lemak bebas merupakan persen asam lemak bebas yang terdapat pada 1 g minyak. Minyak jelantah ditimbang sebanyak 5 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Minyak jelantah ditambahkan 50 ml alkohol dan 2 ml indikator pp, kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai warna merah jambu dan tidak hilang selama 15 detik.

2.3.2 Pembuatan larutan metanol-katalis

Prosedur pembuatan katalis mengacu pada Nurdini (2008). Pembuatan larutan metanol-katalis dengan cara mengaktivasi abu gosok selama 15 menit menggunakan oven dengan suhu 100 °C. Abu gosok ditimbang kemudian dilarutkan di dalam erlenmeyer menggunakan metanol sesuai dengan perlakuan.

2.3.3 Pembuatan biodiesel

Prosedur pembuatan biodiesel mengacu pada Nurdini (2008). Minyak jelantah sebanyak 150 ml ditransesterifikasi menggunakan beberapa konsentrasi larutan metanol-katalis sebagai perlakuan. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, kondensor dan pengaduk pada suhu 60-70 °C dengan waktu reaksi selama 1 jam 30 menit. Campuran metil ester yang terbentuk dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Campuran metil ester dibiarkan selama 24 jam sehingga terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan gliserol (di bagian bawah) dan lapisan metil ester (di bagian atas). Lapisan gliserol dan lapisan metil ester kemudian dipisahkan menggunakan corong pemisah. Metil ester selanjutnya dipanaskan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 30 menit untuk menurunkan kadar air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sidik ragam terhadap bilangan asam, bilangan penyabunan, titik nyala, kadar metil ester dan kadar gliserol. Hasil uji lanjut untuk setiap perlakuan pada berbagai pengamatan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil data pengamatan biodiesel dari minyak jelantah

Hasil analisis	Perlakuan			
	M1	M2	M3	M4
Bilangan asam (mg KOH/g)	0,75 ^d	0,63 ^c	0,54 ^b	0,42 ^a
Kadar gliserol total (%)	0,2 ^d	0,18 ^c	0,11 ^b	0,08 ^a
Titik nyala (°C)	181 ^a	196,5 ^a	204 ^{ab}	227 ^b
Bilangan penyabunan (mgKOH/g)	130 ^c	129,97 ^c	126 ^b	123,46 ^a
Kadar metil ester (%)	98,6 ^a	98,82 ^b	99 ^c	99,4 ^d

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada gambar yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

3.1. Bilangan Asam

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai bilangan asam. Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai bilangan asam dengan

semakin banyak penambahan metanol pada pembuatan biodiesel. Penurunan nilai bilangan asam dari setiap perlakuan yang telah dilakukan terjadi karena semakin banyak penambahan metanol yang diberikan maka semakin banyak ion metoksida sebagai reaktan yang menggantikan ion karboksilat pada minyak jelantah dalam reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel. Menurut Ambarita (2002), pada saat reaksi transesterifikasi terjadi penukaran antara ion karboksilat dengan ion metoksida. Ion ini dapat dengan mudah menukar gugus karboksil pada asam lemak, sehingga semakin tinggi konsentrasi metanol yang digunakan maka nilai bilangan asam juga semakin rendah.

Keasaman biodiesel dapat menyebabkan korosi dan kerusakan pada mesin diesel, sehingga hal ini menjadi salah satu faktor penting dalam penentuan proses pembuatan biodiesel. Nilai bilangan asam menurut SNI biodiesel adalah maksimal sebesar 0,8 mg KOH/g. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi standar SNI biodiesel yaitu sebesar 0,42-0,75 mg KOH/g. Penelitian yang telah dilakukan Saputri (2016) menghasilkan bilangan asam biodiesel sebesar 0,71 mg KOH/g.

3.2. Bilangan Penyabunan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan katalis pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai bilangan penyabunan. Rata-rata nilai bilangan penyabunan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1. Penurunan bilangan penyabunan asam lemak bebas pada minyak jelantah bereaksi dengan metanol pada proses transesterifikasi. Apabila asam lemak bebas digantikan oleh metanol maka reaksi pembentukan sabun juga akan semakin sedikit.

Menurut Nurdini (2008) pada reaksi transesterifikasi perlu ditambahkan alkohol, penambahan alkohol berfungsi mendorong ke arah kanan atau memindahkan salah satu produk dari campuran reaksi. Pada proses transesterifikasi asam lemak-asam lemak yang ada pada trigliserida akan bereaksi dengan metanol menghasilkan metil ester. Kondisi ini akan berdampak pada penurunan nilai bilangan asam yang dihasilkan. Irawan et al (2008) mengayakan bahwa proses yang terjadi ketika reaksi transesterifikasi adalah pengikatan asam lemak bebas dengan basa sebagai katalisator reaksi sehingga akan terbentuk sabun. Reaksi saponifikasi adalah merupakan proses hidrolisis basa terhadap lemak dan minyak dan reaksi saponifikasi bukan merupakan reaksi kesetimbangan. Abu gosok mengandung sejumlah basa berupa kalium oksida (K_2O) 1,06% dan natrium oksida (Na_2O) 0,77%.

Penggunaan konsentrasi katalis abu gosok yang bersifat basa dalam transesterifikasi akan membentuk sabun karena adanya reaksi penyabunan antara asam lemak bebas dengan kation alkali. Hal ini akan menyebabkan meningkatkan bilangan penyabunan. Menurut Hamid dan Yusuf (2002), semakin besar produk sabun yang dihasilkan menyebabkan proses pencucian metil ester menjadi semakin sulit, karena sabun akan mengikat produk metil ester dengan air sehingga menyebabkan proses pemisahan menjadi sulit.

3.3. Titik Nyala

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai titik nyala biodiesel. Rata-rata nilai titik nyala biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1. Peningkatan nilai titik nyala disebabkan semakin banyak penambahan metanol.

Menurut Mittelbach et al (2004), nilai titik nyala biodiesel tergantung pada kandungan metanol yang diberikan pada saat proses transesterifikasi atau menyesuaikan dengan rasio molar substrat. Minyak dengan berat molekul rendah akan lebih banyak ditambahkan metanol begitu juga sebaliknya. Lisdayanti et al. (2013) mengatakan, titik nyala biodiesel tergantung pada bahan baku yang digunakan pada pembuatan biodiesel. Asam lemak bebas pada bahan baku secara tidak langsung akan mempengaruhi titik nyala biodiesel karena berkaitan dengan pembentukan fatty acid methyl ester (FAME) selama reaksi transesterifikasi. Menurut Prihandana et al (2006) titik nyala minyak dan lemak dipengaruhi secara nyata oleh kandungan asam lemak bebasnya, kandungan gliserida tidak memberikan pengaruh yang berarti pada titik nyalanya. Panjangnya rantai karbon memiliki pengaruh yang signifikan terhadap titik nyala dibandingkan dengan derajat ketidakterjenuhannya.

Tingginya titik nyala produk yang dihasilkan juga menandakan bahwa metanol sisa reaksi yang tertinggal hanya sedikit. Titik nyala berkaitan dengan residu metanol dalam biodiesel karena metanol mempunyai titik nyala yang rendah yaitu $11,11^{\circ}\text{C}$. Residu metanol dalam jumlah kecil menurunkan flash point yang berpengaruh terhadap pompa bahan bakar, seals dan elastomers serta dapat menghasilkan sifat-sifat yang jelek dalam pembakaran (Tyson et al., 2004).

Hambali et al (2007) kinerja mesin diesel tidak berhubungan langsung dengan titik nyala dari biodiesel, akan tetapi titik nyala berhubungan dengan keamanan, terutama dalam penanganan dan penyimpanan bahan bakar tersebut. Titik nyala tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan dalam suhu rendah. Sebaliknya bahan bakar dengan titik nyala rendah akan membahayakan karena tingginya.

3.4. Kadar Metil Ester

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai kadar metil ester biodiesel. Rata-rata nilai kadar metil ester biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1. Peningkatan kadar metil ester dikarenakan trigliserida semakin bereaksi dengan baik dan sempurna dengan logam metoksida yang ada pada methanol, sehingga semakin banyak penambahan metanol maka semakin tinggi kadar metil ester yang dihasilkan.

Prihandana et al (2006) menyatakan bahwa reaksi transesterifikasi tidak melalui tahapan protonasi gugus karbonil pada asam lemak dan tidak mengalami tahapan

penukaran antara ion oksonium dengan alkohol. Akan tetapi terjadi penukaran antara ion karboksilat dengan ion metoksida. Ion metoksida merupakan suatu nukleofilik kuat yang berasal dari reaksi metanol dengan katalis basa. Ion ini dapat dengan mudah menukar gugus karbonil pada asam lemak, sehingga reaksi transesterifikasi dapat berjalan dengan cepat. Reaksi ini bersifat eksoterm sehingga panas yang dihasilkan dapat mempercepat reaksi.

Nilai kadar metil ester menurut SNI biodiesel adalah maksimal sebesar 96,5%. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi SNI biodiesel yaitu sebesar 98,69-99,4%. Hasil yang sama diungkapkan oleh Azmi (2009) yang memproduksi biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis CaO melaporkan bahwa kadar metil ester biodiesel meningkat dari 80,5% menjadi 82,64% ketika rasio molar ditingkatkan. Susila (2009) menambahkan bahwa kadar metil ester biodiesel bertambah dengan meningkatnya rasio molar metanol terhadap minyak. Kadar metil ester biodiesel mengalami peningkatan dari 61% menjadi 97% ketika rasio molar ditingkatkan.

3.5. Kadar Gliserol Total

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan metanol pada pembuatan biodiesel memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai kadar gliserol total biodiesel. Rata-rata nilai kadar gliserol total biodiesel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1. Penurunan kadar gliserol total dikarenakan penambahan metanol akan mendorong reaksi ke arah pembentukan metil ester (biodiesel) sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping akan menurun.

Nilai kadar gliserol total berbanding terbalik dengan nilai kadar metil ester. Semakin rendah nilai kadar gliserol total yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai kadar metil ester biodiesel. Menurut Prihandana et al. (2006) gliserol merupakan produk samping pembuatan biodiesel. Selain itu adanya kadar gliserol total yang terdapat pada biodiesel diduga kurang sempurnanya proses pemisahan antara gliserol dengan biodiesel.

3.6. Rekapitulasi Hasil Analisis Perlakuan Terpilih

Selanjutnya hasil dari uji lanjut dari setiap perlakuan pada berbagai pengamatan, direkapitulasi dalam Tabel 2 untuk penentuan perlakuan terpilih pada penelitian. Standar Nasional Indonesia menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan perlakuan terpilih.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil analisis biodiesel perlakuan terpilih

Hasil analisis	SNI*	Perlakuan			
		M1	M2	M3	M4
Bilangan asam (mg KOH/g)	Maks 0,8	0,75 ^d	0,63 ^c	0,54 ^b	0,42 ^a
Kadar gliserol total (%)	Maks 0,24	0,2 ^d	0,18 ^c	0,11 ^b	0,08 ^a
Titik nyala (°C)	Min 100	181 ^a	196,5 ^a	204 ^{ab}	227 ^b
Bilangan penyabunan (mgKOH/g)		130 ^c	129,97 ^c	126 ^b	123,46 ^a
Kadar metil ester (%)	Min 96,5	98,6 ^a	98,82 ^b	99 ^c	99,4 ^d

Sumber : *Badan Standardisasi Nasional (2006)

Kandungan nilai bilangan asam menurut SNI memiliki nilai maksimal sebesar 0,8 mg KOH/g. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada semua perlakuan telah memenuhi SNI bilangan asam yang ditetapkan. Kandungan nilai bilangan asam paling rendah terdapat pada perlakuan M4 dengan nilai sebesar 0,42 mg KOH/g. Perolehan gliserol total yang merupakan produk samping, menurut SNI memiliki nilai maksimal sebesar 0,24%. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada semua perlakuan telah memenuhi SNI kadar nilai gliserol yang ditetapkan.

Parameter nilai titik nyala menurut SNI memiliki nilai minimal sebesar 100°C. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada semua perlakuan telah memenuhi SNI nilai titik nyala yang ditetapkan. Nilai bilangan penyabunan tidak memiliki syarat SNI yang ditetapkan. Perlakuan yang memiliki kandungan nilai bilangan penyabunan tertinggi yang hampir sama terdapat pada perlakuan M1 dan M2 dengan nilai sebesar 130,03 dan 129,97 mg KOH/g. Perolehan biodiesel berupa metil ester menurut SNI memiliki nilai minimal sebesar 96,5%. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada semua perlakuan telah memenuhi SNI kandungan nilai metal ester yang ditetapkan.

Maka perlakuan M4 (penambahan metanol sebesar 95 ml) menjadi perlakuan terpilih dengan bilangan asam sebesar 0,42 mg KOH/g, kadar gliserol total 0,08%, titik nyala sebesar 227°C, bilangan penyabunan 123,46 mg KOH/g, kadar metil ester sebesar 99,4% dan telah memenuhi SNI biodiesel.

4. KESIMPULAN

Penambahan metanol memberikan pengaruh yang nyata ($P \leq 0,05$) terhadap nilai bilangan asam, kadar gliserol total, titik nyala, bilangan penyabunan dan metil ester. Perlakuan terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah perlakuan M4 dengan penambahan metanol sebanyak 95 ml dengan karakteristik kadar metil ester sebesar 99,4%, kadar gliserol total 0,08%, titik nyala sebesar 227°C, bilangan penyabunan 123,46 mg KOH/g dan bilangan asam sebesar 0,42 mg KOH/g telah memenuhi standar SNI biodiesel.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, M. T. D. 2002. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas untuk Produksi Metil Ester. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Azmi, M. F. 2009. Transesterifikasi Heterogen antara Minyak Sawit Mentah dengan Metanol Menggunakan Katalis Katalis K_2O-CaO . *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. Standar Mutu Biodiesel Indonesia. Jakarta.
- Dalimunthe, I. S. 2016. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Cangkang Telur Ayam. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Fitriyana, L. A., Soeprodjo dan S. Kadarwati. 2012. Produksi biodiesel dari dedak padi (*rice bran*) melalui dua tahap reaksi in-situ. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(2): 140-146.
- Goffman, F.D., Pinson, S., and Bergman C. 2003. Genetic Diversity for Lipid Content and Fatty Acid Profile in Rice Bran. *J. Am. Oil Chem. Soc.* pp. 485-490.
- Hambali, E., S. Muzladifah., H. A. Tambunan., A. W. Pattiwiri dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia Pustaka. Jakarta.

- Hamid, T dan R. Yusuf. 2002. Preparasi karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknologi*. 6(2): 60-65.
- Irawan, J., B. M. Dara dan S. Arita. 2008. Pembuatan metil ester asam lemak dari CPO *off grade* dengan metode esterifikasi-transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 15(2): 34-43.
- Lisdayanti, R., C. A. Putrid dan W. Setyawati. 2013. Sintesis biodiesel dari minyak sisa pakai dengan variasi waktu reaksi dan ukuran Ba(OH)₂ sebagai katalis. *Jurnal Teknik Kimia*. 8(1): 12-16.
- Mery, T. D. A. 2002. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas untuk Produksi Metil Ester. *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mittelbach, M., Renschmidt dan Claudia. 2004. *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Boersedruck Ges. Vienna.
- Nurdini, D. A. 2008. Desain Proses Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah dengan Katalis Alami Abu *Cocopeat*. *Skripsi* (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prihandana, R., R. Hendroko dan M. Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Saputri, M. 2016. Pembuatan Biodiesel Metil Ester dari Minyak Jelantah dan Metanol dengan Katalis Abu Gosok. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Press. Yogyakarta.
- Susila, I. W. 2009. Pengembangan proses produksi biodiesel biji karet metode non-katalis "superheated methanol" pada tekanan atmosfer. *Jurnal Teknik Mesin*. 11(2): 115-123.
- Tyson, K. S., J. Bozell., R. Wallace., E. Petersen dan L. Moens. 2004. *Biomass oil analysis research needs and recommendations*. National Renewable Energy Laboratory.
- Wang, R., W. W. Zhou., M. A. Hanna., Y. P. Zhang., P. S. Bhadury., Y. Wanga., B. A. Song dan S. Yang. 2006. Preparation, Optimization and Fuel Properties from Non-Edible Feedstock. *Jurnal Datura Stramonium L. Fuel*. 9(1): 182-186.