

PROSIDING

Seminar Nasional Sains dan Teknologi
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
ISSN: 2407-1848 e-ISSN: 2460-8416 <http://semnastek.umj.ac.id>



Semnastek 2016

APLIKASI ENERGI & TEKNOLOGI MAJU
Untuk Kemandirian Bangsa

Keynote Speaker :

1. **Dr. Ir Adiarso, M.Sc**

Direktur Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia

2. **Prof. Dr. Danang Parikesit**

Ketua Umum Masyarakat Transportasi Indonesia & Koord. CEIPS PII

Didukung oleh :



Indonesia Eximbank



www.giftand.ganesha.com



mandiri



Penyelenggara :
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27
Telp : 021-425 6024 www.semnastek2014.ftumj.ac.id
email : semnastek2014@ftumj.ac.id



Semnastek
Seminar Nasional Sains Dan Teknologi
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

FT UMJ



Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta

SURAT PENERIMAAN MAKALAH DAN UNDANGAN

Kepada Yth,
Joelianingsih
Institut Teknologi Indonesia

Dengan Hormat,

Bersama ini kami sampaikan bahwa sehubungan dengan telah diterimanya makalah lengkap dan pelaksanaan SEMNASTEK 2016 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta yang akan dilaksanakan pada :

Hari/Tanggal : Selasa – Rabu, 8 – 9 November 2016
Waktu : 08.00 – 16.00 WIB
Tempat : Auditorium dan Ruang Paralel
Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 – Jakarta Pusat 10510
Judul : Sintesis Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan dengan Katalis Homogen melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi secara Bertahap

Mohon melakukan pembayaran sesuai keterangan biaya yang tertera dibawah melalui Bank Mandiri a/n : **FT Univ. Muhammadiyah Jakarta** dengan **No. rekening 123-00-0638219-8** dan mengunggah bukti pembayaran melalui web SEMNASTEK di <http://semnastek.umj.ac.id/> dan membawa bukti pembayaran untuk dapat ditukarkan pada bendahara semnastek.

Terima kasih bagi yang sudah melakukan pembayaran ke nomor rekening tersebut. Kami mengundang Bapak/Ibu/Saudara untuk mempresentasikan makalah atau menyajikan poster yang telah diterima dengan susunan acara dan jadwal presentasi tentatif terlampir. Jika ada hal-hal yang ingin ditanyakan mohon dapat menghubungi panitia melalui email semnastek@ftumj.ac.id atau Apriana Diana 081319712341. Sampai berjumpa di acara SEMNASTEK 2016.

Atas perhatian dan partisipasinya kami mengucapkan terima kasih.

Salam Hangat,
Ketua SEMNASTEK 2016

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA**

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 - Jakarta Pusat 10510 Telp. 021. 424 4016, 425 6024 Fax. 021. 425 6023
<http://semnastek.umj.ac.id>, Email : semnastekumj@gmail.com



INSTITUT
TEKNOLOGI
INDONESIA

KAMPUS
Jl. Raya Puspiptek Serpong
TANGERANG 15320
☎ (021) 7560542 - 7560545 Fax (021) 7560542

SURAT TUGAS

No : 242/PSTK-ITI/ST/XI/2016

DASAR : Surat Ketua Seminar Nasional Sain dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta tentang Surat Penerimaan Makalah dan Undangan

Ketua Program Studi Teknik Kimia-Institut Teknologi Indonesia, dengan ini menugaskan kepada :

Dr.Ir. Joelianingsih, MT

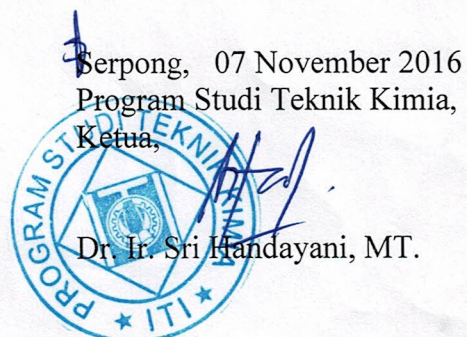
Untuk melaksanakan tugasnya pada tanggal 8-9 November 2016 di Auditorium dan Ruang Pararel Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Jakarta sebagai presenter makalah atau penyaji poster dengan judul “ Sintesis Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan dengan Katalis Homogen melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi secara Bertahap.

Selanjutnya kepada yang bersangkutan agar melaporkan hasilnya kepada Ketua Program Studi Teknik Kimia.

Demikian surat tugas ini dibuat dan diberikan untuk dapat dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab



Tembusan: - Prodi TK



Serpong, 07 November 2016
Program Studi Teknik Kimia,
Ketua,

Dr. Ir. Sri Handayani, MT.



SERTIFIKAT

Diberikan Kepada

JOELIANINGSIH

Atas partisipasinya sebagai

PEMAKALAH

Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASSTEK) 2016
"Aplikasi Energi dan Teknologi Maju Untuk Kemandirian Bangsa "

p-ISSN : 2460 - 8416 e-ISSN : 2407-1846 <http://semnastek.umj.ac.id>

Universitas Muhammadiyah Jakarta
Auditorium Fakultas Teknik, 8 - 9 November 2016

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Ketua Panitia Pelaksana
Semnastek 2016



Dr. Ir. Tri Yuni Hendrawati, M.Si., IPM

Dr. Ir. Tri Yuni Hendrawati, M.Si., IPM



SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK KEMIRI SUNAN DENGAN KATALIS HOMOGEN MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI SECARA BERTAHAP

Joelianingsih^{1*}, M. Iqbal Alghifari², F. Mega Antika³

^{1,2,3}Program Sudi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia,

Jl. Raya Puspipetek, Serpong 15320

*E-mail : Joelianingsih@yahoo.com

ABSTRAK

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai alternatif bahan bakar fosil salah satunya yaitu biodiesel. Salah satu tanaman bahan baku biodiesel yang potensial yaitu Kemiri Sunan dikarenakan tidak dikonsumsi oleh manusia sehingga tidak akan bersaing dengan kebutuhan bahan pangan. Biodiesel dapat diproduksi melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi secara bertahap. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) pada reaksi esterifikasi dan KOH pada reaksi transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu $65^\circ C$, kecepatan pengadukan 1300 rpm, rasio mol minyak terhadap metanol 1:6. Kondisi operasi suhu tidak divariasikan karena proses reaksi terjadi pada suhu optimum $65^\circ C$ pada tekanan atmosfer. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi optimum waktu esterifikasi (2, 4, 6 jam) terhadap kadar asam lemak bebas minyak Kemiri Sunan serta mengetahui kondisi optimum waktu transesterifikasi (0,5; 1; 1,5; 2 jam) dan pengaruh ukuran *magnetic stirrer* (4 dan 5 cm) terhadap kualitas biodiesel (kadar metil ester dan angka asam). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan waktu optimum reaksi esterifikasi adalah 4 jam, waktu optimum untuk reaksi transesterifikasi adalah 0,5 jam, dan semakin besar ukuran diameter *magnetic stirrer* semakin tinggi kadar metil ester yang dihasilkan. Hasil uji *Chromatography Gas* kadar metil ester produk biodiesel adalah 81,24%-m sedangkan dengan metode hitung (SNI) didapat kadar metil ester sebesar 98,7% m. Hasil penelitian produk biodiesel sudah memenuhi persyaratan SNI 7182:2015 untuk kadar metil ester yang ditetapkan sebesar minimum 96,5%-m, angka asam 0,30 mg KOH/g sampel dan gliserol total 0,13%-m.

Kata kunci: Biodiesel Kemiri Sunan, esterifikasi, transesterifikasi

ABSTRACT

Many researches have been done on alternative fossil fuel especially on biodiesel oil. One of potential raw materials for biodiesel oil is Kemiri Sunan plant (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). The oil from Kemiri Sunan plant is not edible for human beings so it will not compete for food availability. This research produced biodiesel oil by esterification and transesterification reaction series. H_2SO_4 is used as acid catalyst in the esterification reaction and KOH as base catalyst in the transesterification reaction. The operating temperature is $65^\circ C$, the stirring speed is 1300 rpm, and the mole ratio of oil to methanol is 1:6. The various operating temperatures are not studied because the reaction occurs at the optimum temperature of $65^\circ C$ at atmospheric pressure. The purpose of this research is to determine the optimum time of each esterification and transesterification reactions for various free fatty acid content of Kemiri Sunan oil and the effect of the magnetic stirrer size on biodiesel oil quality in term of methyl ester content and acid value. In the esterification reaction, the reaction time variables are 2, 4, and 6 hours, and in the transesterification reaction are 0.5, 1, 1.5, and 2 hours. There are 2 sizes of the magnetic stirrer used in this research which are 4 cm and 5 cm. Based on the research, the optimum time of the esterification reaction is 4 hours, the optimum time for the transesterification reaction is 0,5 hours, and the methyl ester content of biodiesel oil increases with the size of the magnetic stirrer. According to Gas Chromatography test method, the content of methyl ester is 81.24%-m while according to the Calculation method (SNI), the content of methyl ester is

98.7%-m. So it can be stated that the biodiesel oil product meets the requirements of SNI:7182-2015 since the standard for the minimum methyl ester content is 96.5%-m, with acid value is 0.30 mg KOH/g sample and total glycerol is 0.13%-m

Keywords : biodiesel kemiri sunan, esterification, transesterification

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang berasal dari sumber yang terbarukan. Secara kimiawi, biodiesel merupakan campuran metil ester dari asam lemak rantai panjang yang dihasilkan dari sumber hayati seperti minyak nabati dan lemak hewani. (Mittlebach & Remschmidt, 2004). Biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya efisiensi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Biodiesel memiliki kandungan senyawa sulfur dan aromatik lebih rendah daripada bahan bakar diesel sehingga emisi gas berbahaya hasil pembakarannya lebih rendah daripada bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Selain itu, biodiesel juga dapat terdegradasi secara alami. Lebih dari 90% biodiesel dapat terdegradasi secara biologis selama 21 hari.

Minyak nabati merupakan sumber bahan baku yang cukup menjanjikan bagi produksi biodiesel karena sifatnya yang terbarukan, dapat diproduksi skala besar dan ramah lingkungan. Minyak nabati merupakan minyak yang disari/diekstrak dari berbagai bagian tumbuhan. Minyak ini difungsikan sebagai makanan, pelumas, bahan pewangi, pengobatan, bahan bakar, dan berbagai penggunaan industri lainnya. Sebagian besar sumber bahan baku biodiesel merupakan bahan pangan, sehingga perlu dilakukan usaha menemukan alternatif lain yang berasal dari bahan non pangan. Salah satu bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel yaitu minyak yang berasal dari tanaman Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*).

Kemiri sunan adalah jenis tanaman kemiri racun yang merupakan tumbuhan asli tropis dan menjadi salah satu tanaman yang sangat potensial sebagai penghasil minyak nabati non-pangan. Tanaman ini dikenal juga dengan nama Kemiri Racun, Muncang Leuweung, Jarak Bandung, Jarak Kebo, Kaliki

Banten. Buah kemiri sunan berbebtuk bulat bersudut tiga dengan diameter 3-6 cm, berisi 3 lokus masing-masing berisi 1 biji, buah muda berwarna hijau dan menjadi kecoklatan setelah masak. Buah terdiri atas kulit buah (62-68%-m), kulit biji (11-16%-m), dan inti/daging biji (16-27%-m). Buah, kulit buah, biji dan inti biji kemiri sunan dapat dilihat pada Gambar 1. Inti biji mengandung minyak kasar 38,7-50%-m. Kadar air awal dalam inti biji sekitar 19-34%-myang dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis pada minyak sehingga menyebabkan tingginya kadar asam lemak bebas (*free fatty acid /FFA*). (Pranowo, dkk, 2014)



Gambar 1. Buah, kulit buah, biji dan daging biji kemiri sunan

(Sumber : Herman, M dkk. 2013).

Minyak kemiri sunan termasuk minyak mengering atau *drying oil* (jika dihamparkan pada permukaan terbuka, secara perlahan akan mengering menjadi lapisan padat). Sifat alami minyak kemiri sunan diantaranya adalah: (Eckey, E.W., 1954)

- Kadar bahan tak tersabunkan : 0,3 – 1 %-berat.
- Angka penyabunan : 190 – 200 mg-KOH/g.
- Angka iodium : 133 – 160 g-I₂/100g.

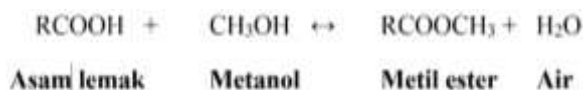
Table 1. Komposisi asam lemak kemiri sunan dan kemisi biasa

Komposisi asam-asam lemak (%-berat)		
Asam lemak	Kemiri sunan	Kemiri biasa
Miristat; C14:0	Tapak	Tapak
Palmitat; C16:0	9 – 10	4 – 9
Stearat; C18:0	8 – 9	4 – 7
Oleat; C18:1 (9)	11 – 20	10 – 35
Linoleat; C18:2 (9,12)	19 – 20	33 – 48
Linolenat; C18:3 (9,12,15)	-	23 – 35
Eleostearat; C18:3 (9,11,13)	41 – 51	-

(Sumber : Soerawidjaja, 2014)

Tabel 1 menyajikan komposisi asam lemak minyak kemiri sunan dibandingkan dengan minyak kemiri biasa. Terlihat bahwa asam α -eleostearat merupakan asam lemak penyusun utama minyak kemiri sunan. Hal inilah yang menyebabkan minyak Kemiri Sunan bersifat toksik dan tidak aman untuk bahan pangan.

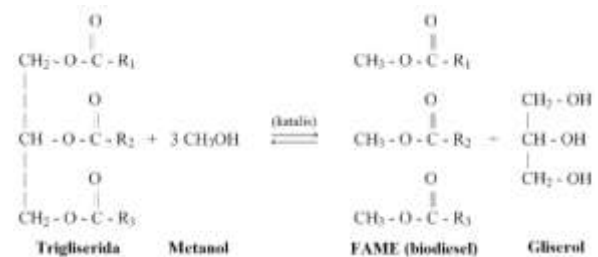
Sintesis biodiesel dilakukan dengan dua tahap, esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan jika minyak nabati yang digunakan memiliki kandungan FFA yang cukup tinggi. Kemiri Sunan memiliki kandungan FFA yang tinggi maka perlu dilakukan reaksi esterifikasi. Pada reaksi esterifikasi (Gambar 2), FFA akan bereaksi dengan alkohol dengan katalis asam, menghasilkan FAME (*fatty acid metil ester*) dan air.



Gambar 2. Reaksi esterifikasi asam lemak

Proses transesterifikasi dapat dilakukan jika FFA didalam minyak kurang dari 5%-m (Budiman, 2014), apabila kandungan FFA melebihi kadar dari yang diperbolehkan maka akan terjadi reaksi penyabunan yang menyulitkan pada proses pemisahan atau pemurnian biodisel. Pada reaksi

transesterifikasi (Gambar 3), trigliserida akan bereaksi dengan alkohol dengan bantuan katalis basa, menghasilkan FAME dan gliserol.



Gambar 3. Reaksi transesterifikasi trigliserida

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan sintesis biodiesel dengan variasi konsentrasi katalis, suhu reaksi, dan rasio molar minyak nabati dengan alkohol namun belum dilakukan variasi waktu reaksi serta ukuran dari pengaduk (*magnetic stirrer*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum waktu esterifikasi (2, 4, 6 jam) terhadap kadar FFA Minyak Kemiri Sunan serta mengetahui kondisi optimum waktu transesterifikasi (0,5, 1, 1,5, 2 jam) dan pengaruh ukuran *magnetic stirrer* (4 dan 5 cm) terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Kualitas biodiesel diuji kadar metil ester, angka asam, dan kadar gliserol total.

METODE

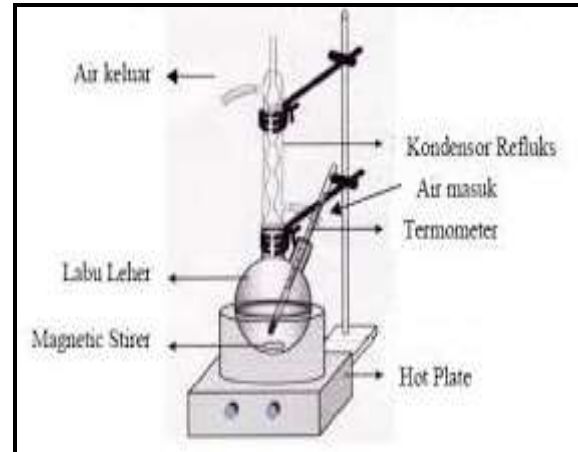
Bahan dan Alat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga Agustus 2016, di Laboratorium Penelitian Institut Teknologi Indonesia. Minyak Kemiri Sunan sebagai sumber bahan baku minyak nabati (trigliserida) diperoleh dari PT. Darma Prema Bioenergi, Komplek Cipageran 2, Cimahi- Kabupaten Bandung Barat. Metanol sebagai bahan pereaksi dengan kemurnian 99,8% m, H₂SO₄, KOH diperoleh dari PT Smart - Lab Indonesia. Toluena dengan kemurnian 99,5% m yang digunakan sebagai pelarut pada uji kadar FAME diperoleh dari PT. Smart - Lab Indonesia. Sedangkan Methyl Nonadecanoat untuk internal standar pada uji kadar FAME diperoleh dari Sigma Aldrich. Foto minyak Kemiri Sunan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Minyak Kemiri Sunan

Proses reaksi esterifikasi asam lemak bebas maupun transesterifikasi trigliserida dilakukan dalam sebuah reaktor berupa labu leher tiga berukuran 500 mL yang dilengkapi pengaduk berupa *magnetic stirrer*, termometer dan kondensor yang berfungsi mengembunkan kembali uap methanol. Proses reaksi berlangsung dioperasikan secara *batch*. Sebagai pemanas digunakan *hot-plate* yang dilengkapi dengan tombol pengatur temperatur dan putaran pengadukan. Setelah temperatur mencapai 65°C, metanol ditambahkan dengan perbandingan mol 1:6 dan katalis H_2SO_4 dengan kadar 5%-m terhadap massa FFA dalam minyak. Kondensor dipasang, pengaduk dijalankan dan direaksikan hingga waktu reaksi yang diinginkan. Rangkaian peralatan untuk sintesis biodiesel disajikan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Skema reaktor sintesis biodiesel



Gambar 6. Foto reaktor sintesis biodiesel

Prosedur Percobaan

Hasil reaksi esterifikasi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama setengah jam. Setelah setengah jam akan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan bawah berupa pengotor (campuran H_2SO_4 , air, dan metanol sisa reaksi) yang harus dipisahkan dan lapisan atas berupa campuran FAME dan trigliserida. Setelah dipisahkan, lapisan atas dicuci dengan aquades 100% yang telah dipanaskan pada temperatur 100°C untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa. Setelah setengah jam didiamkan, aquades dipisahkan dengan campuran FAME dan

trigliserida, campuran tersebut kemudian dikeringkan pada temperatur 105°C untuk menghilangkan sisa air. Sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi, dianalisa kadar FFA, jika kadar kurang dari 5%-m, campuran dimasukkan kembali ke reaktor untuk reaksi transesterifikasi. Dikarenakan uji kadar FFA di yang dilakukan di Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain BPPT berdasarkan BM asam palmitat maka perlu dikonversi FFA berdasarkan BM kemiri sunan dan dihitung dengan persamaan (1).

$$\% FFA = \frac{\% m FFA \text{ as palmitat} \times \text{BM Kemiri Sunan}}{256} \quad (1)$$

Proses transesterifikasi dilakukan dengan memanaskan campuran sampai temperatur reaksi 65°C, setelah temperatur tercapai ditambahkan metanol dengan perbandingan mol trigliserida:mol metanol ialah 1:6 dan katalis KOH dengan kadar 1%-m. Kondensor dipasang, pengaduk dijalankan dan direaksikan hingga waktu reaksi tercapai. Hasil reaksi transesterifikasi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama setengah jam. Setelah setengah jam akan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan bawah berupa pengotor (campuran KOH, gliserol, dan metanol sisa reaksi) yang harus dipisahkan dan lapisan atas berupa biodiesel. Setelah dipisahkan, lapisan atas dicuci dengan aquades secara bertahap yaitu 10% tahap pertama, 50 % tahap kedua, 100% tahap ketiga untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa. Setelah dilakukan proses pencucian biodiesel kemudian dikeringkan pada temperatur 105°C untuk menghilangkan sisa air. Untuk mengetahui kadar FAME dilakukan uji GC-Shimadzu 2010 (Metode EN 14103) di Laboratorium Teknologi dan Rekayasa Material Institut Teknologi Indonesia. Hasil terbaik diuji angka asam, gliserol total dan kadar FAME dengan metode SNI 7182:2015.

Pada penelitian ini terdapat beberapa kondisi proses yang dijaga konstan dan kondisi proses yang berubah untuk mempelajari variasinya. Kondisi proses yang dijaga konstan yaitu pemanasan pada temperatur 65°C, kecepatan pengadukan 1300 rpm, dan berat minyak 266,7 gram. Kondisi proses yang divariasikan ialah pada esterifikasi meliputi waktu reaksi 2, 4, dan 6 jam serta pada transesterifikasi meliputi waktu reaksi 0,5; 1;

1,5; dan 2 jam dan ukuran diameter *magnetic stirrer* 4 dan 5 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

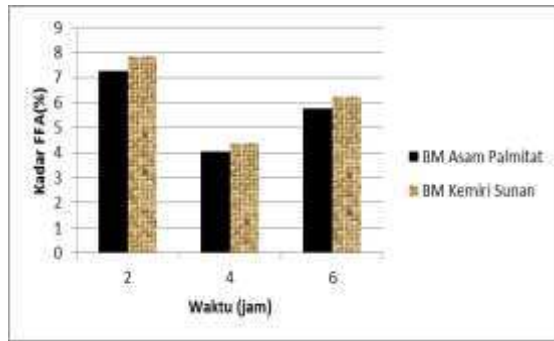
Pengaruh Waktu Reaksi Esterifikasi terhadap Kadar FFA

Minyak Kemiri Sunan disaring dengan kain kasar kemudian diuji kadar FFA. Hasil kadar FFA didapat sebesar 15,16%-m berdasarkan perhitungan menggunakan berat molekul (BM) asam palmitat, sedangkan untuk menghitung kadar FFA minyak kemiri sunan berdasarkan perhitungan menggunakan BM minyak kemiri sunan didapat sebesar 16,41%-m minyak kemiri sunan akan direaksikan dengan metanol 39 mL dengan katalis H₂SO₄ 0,8 mL. Jumlah metanol dan asam sulfat didapat dari hasil perhitungan rasio mol minyak dan metanol 1:6. Proses esterifikasi dilakukan karena hasil dari kadar FFA minyak kemiri sunan diperoleh lebih dari 5%-m yaitu sebesar 16,414%-m. Pada Tabel 2 dan Gambar 7 dapat dilihat pengaruh waktu reaksi esterifikasi terhadap kadar FFA.

Tabel 2. Pengaruh waktu reaksi esterifikasi terhadap kadar FFA minyak Kemiri Sunan

Waktu (jam)	Kadar FFA (%-m)	
	BM Asam Palmitat	BM Kemiri Sunan
2	7,25	7,85
4	4,03	4,36
6	5,77	6,25

Dari variasi lama waktu reaksi esterifikasi didapat hasil terbaik yaitu 4 jam, untuk reaksi 2 jam kadar FFA lebih dari 5%-m dikarenakan FFA yang terkonversi masih sedikit, untuk waktu reaksi 6 jam telah terjadi kenaikan kadar FFA kembali akibat terjadi reaksi balik.



Gambar 7. Pengaruh waktu reaksi esterifikasi terhadap kadar F

Pada reaksi transesterifikasi digunakan Minyak Kemiri Sunan yang berbeda dibandingkan dengan Minyak Kemiri Sunan yang digunakan pada reaksi esterifikasi, sehingga perlu diuji kadar FFA. Setelah diuji didapat kadar FFA sebesar 20,84% m, kemudian Minyak Kemiri Sunan akan direaksikan dengan metanol 49 mL dan katalis H_2SO_4 1 mL dan didapat kadar FFA sebesar 5,27%-m berdasarkan BM Minyak Kemiri Sunan. Dikarenakan kadar FFA masih lebih dari 5%-m maka perlu dilakukan esterifikasi tahap kedua. Minyak Kemiri Sunan hasil esterifikasi tahap pertama akan direaksikan dengan metanol 12 mL dan katalis H_2SO_4 sebesar 0,3 mL. Setelah proses esterifikasi tahap kedua didapat kadar FFA sebesar 0,44% berdasarkan BM minyak Kemiri Sunan. Setelah kadar FFA kurang dari 5%-m maka reaksi transesterifikasi dapat dilakukan.

Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Kadar FAME

Pada reaksi transesterifikasi, Minyak Kemiri Sunan direaksikan dengan metanol 48 mL dan katalis KOH 1,7 gram. Dilakukan variasi untuk waktu reaksi dan ukuran diameter *magnetic stirrer* terhadap kadar FAME diuji kadar FAME dengan metode EN 14103 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh waktu reaksi transesterifikasi dan ukuran magnetic stirrer terhadap kadar FAME

Waktu (jam)	<i>Magnetic stirrer</i> 4 cm	<i>Magnetic stirrer</i> 5 cm
0,5	24,00	31,26
1	23,89	26,20
1,5	25,98	25,41
2	23,11	25,51

	FAME (%-m)	
0,5	24,00	31,26
1	23,89	26,20
1,5	25,98	25,41
2	23,11	25,51

Dari Tabel 3 dapat diketahui untuk transesterifikasi dengan *magnetic stirrer* 5 cm menghasilkan kadar FAME yang lebih besar dibanding transesterifikasi dengan *magnetic stirrer* 4 cm. Ini disebabkan semakin besar ukuran diameter *magnetic stirrer* yang digunakan maka pengadukan akan semakin merata sehingga akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat yang bereaksi dan menghasilkan kadar FAME yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan literatur yaitu pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi sehingga mempercepat reaksi dan reaksi terjadi sempurna (Novarita, 2014). Dari tabel 3 juga dapat diketahui untuk waktu optimum terjadinya reaksi transesterifikasi 0,5 jam, hal ini disebabkan telah terjadi kesetimbangan pada waktu reaksi 0,5 jam sehingga ketika terjadi penambahan waktu reaksi 1; 1,5; dan 2 jam mengakibatkan reaksi balik dan kadar FAME berkurang. Ini sesuai dengan literatur yaitu jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil (Novarita, 2014).

Untuk mendapatkan biodiesel dengan kadar FAME sesuai SNI 7182:2012 perlu dilakukan transesterifikasi secara bertahap. Setelah dilakukan transesterifikasi dengan *magnetic stirrer* 4 cm dan didapat kadar FAME 24,00% -m untuk 0,5 jam dilakukan transesterifikasi tahap kedua dengan *magnetic stirrer* 4cm, Minyak Kemiri Sunan akan direaksikan dengan metanol 41 mL dan katalis KOH 1,39 gram dan didapat kadar FAME sebesar 72,89%-m. Karena kadar FAME belum sesuai SNI 7182:2012 perlu dilakukan transesterifikasi tahap ketiga. Transesterifikasi tahap ketiga dilakukan dengan *magnetic stirrer* 4cm, Minyak Kemiri Sunan akan direaksikan dengan metanol 11 mL dan katalis KOH 0,5 gram dan didapat kadar FAME sebesar 81,24%-m.

Untuk mendapatkan data kadar FAME yang lebih valid, maka perlu dilakukan uji

kadar FAME dengan metode SNI. Uji kadar FAME menurut SNI dihitung dengan persamaan (3).

$$\text{Kadar ester (\%m)} = \frac{100 (As - As - 18,27 \text{ Gtt})}{As} \quad (3)$$

As : Angka Penyabunan (mg/g)

Aa : Angka Asam (mg/g)

Gtt : Kadar gliserol total dalam biodiesel (%-m)

Dari hasil analisis didapat angka asam sebesar 0,305 mg KOH/g sampel, gliserol total sebesar 0,12%-m, angka penyabunan sebesar 202,15 mg KOH/g sampel, dan dengan metode perhitungan didapat kadar FAME sebesar 98,70 %-m. Hasil uji angka asam, gliserol total dan kadar metil ester telah memenuhi standar mutu yang ditetapkan SNI 7182:2015 yaitu sebesar maksimum 0.5 mg/KOH untuk angka asam, gliserol total maksimum 0,24 %-m dan kadar metil ester minimum 96,5%-m massa . Foto produk biodieselmemiri sunan hasil penelitian terbaik disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Foto produk biodiesel Kemiri Sunan

Hasil kadar metil ester berbeda dengan hasil dari uji GC yang terukur sebesar 81,24%-m. Perbedaan ini disebabkan oleh tidak terbacanya semua *peak* metil ester pada hasil

chromatogramGC yang menyebabkan kadar FAME yang didapat lebih rendah. Komposisi asam lemak metil ester biodiesel Kemiri Sunan hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Komposisi asam lemak biodiesel Kemiri Sunan hasil penelitian terbaik

Nama Komponen	Komposisi (%-m)	Normalisasi (%-m)
C10:0	0,06	0,07
C12:0	0,13	0,16
C14:0	0,15	0,18
C16:0	11,15	13,72
C16:1	0,18	0,22
C18:0	4,52	5,56
C18:1	14,02	17,26
C18:2	16,70	20,56
C18:3	34,35	42,28
Total	81,24	100

Hasil uji komposisi asam lemak metil ester biodiesel Kemiri Sunan pada Tabel 5 jika dibandingkan dengan hasil menurut referensi pada Tabel 1 dapat dirangkum seperti disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan komposisi FAME Kemiri Sunan hasil penelitian dengan referensi

Jenis	Komposisi (%-m)		Kesesuai-an
	Penelitian	Referensi	
C10	0,07	0	ya
C12	0,16	0	ya
C14	0,18	tidak	ya
C16	13,72	9-10	Lebih 3,72
C16:1	0,22	0	ya
C18:0	5,56	8-9	Kurang 2,44
C18:1	17,26	11-20	ya
C18:2	20,56	19-20	ya
C18:3	42,28	41-51	ya
Total	100		

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa hasil uji komposisi asam lemak biodiesel Kemiri Sunan

dari hasil penelitian yang dilakukan dibandingkan dengan referensi sudah sesuai. Komposisi asam lemak terbesar adalah C18:3 (metil oleostearat), diikuti oleh C18:2 (metil linoleat), C18:1 (metil oleat), C16:0 (metil stearat), C18:0 (metil stearat) dan C14:0 (metil miristat).

Prediksi Kualitas Biodiesel Kemiri Sunan

Bahan Bakar Nabati (BBN) dapat menjadi produk energi unggulan Indonesia yang memiliki nilai strategis karena merupakan satu-satunya sumber energi terbarukan yang bisa menghasilkan bahan bakar cair. BBN yang telah dikembangkan dapat dicampurkan ke dalam BBM padananya dan tidak membutuhkan infrastruktur perniagaan baru karena dapat menggunakan infrastruktur yang sudah ada seperti depo, kapal tanker, sistem perpipaan, mobil tangki, dan SPBU. Biodiesel merupakan salah satu jenis BBN yang telah diproduksi dan diwajibkan penggunaannya di Indonesia untuk sektor transportasi, industri dan pembangkit listrik sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 Tahun 2015 yang merupakan perubahan ketiga atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain.

Biodiesel (B100) yang berupa ester metil dari asam-asam lemak minyak (FAME) dalam pemanfaatannya dicampur dengan minyak solar dengan perbandingan tertentu. BX adalah Bahan bakar yang merupakan campuran X % volume biodiesel dengan (100-X) % volume minyak diesel fosil. Untuk mendukung pelaksanaan mandatori tersebut, peningkatan kualitas biodiesel agar sesuai dengan persyaratan perlu terus diupayakan sehingga penggunaan biodiesel sebagai B20-B30 pada tahun 2016 – 2025 aman untuk digunakan.

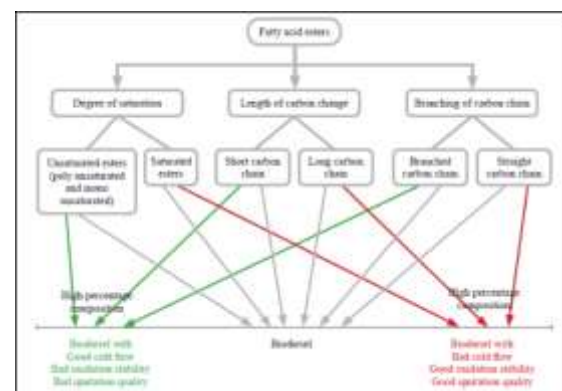
Pemerintah telah mengatur kualitas produk BBN jenis biodiesel yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia yaitu SNI 7182-2015 tentang biodiesel. Dalam SNI ini telah diatur spesifikasi biodiesel di Indonesia yang dapat digunakan sebagai acuan untuk biodiesel 100% dari segala jenis bahan baku.

Kualitas biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- Jenis minyak nabati terkait dengan komposisi asam lemak yang terkandung (sifat alami bahan baku minyak)
- Kualitas bahan baku, terkait dengan kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*), sulfur, getah, dan impuritas lain.
- Proses produksi (penyiapan umpan, proses reaksi, penggunaan katalis dan pemurnian produk)
- Penanganan pasca produksi (penyimpanan dan distribusi) yang dapat menyebabkan perubahan fisik maupun kimia yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan (temperatur, kelembaban, oksigen dari udara, material tangki/pipa, cahaya, dll).

Beberapa parameter kualitas biodiesel dipengaruhi oleh jenis minyak/lemak bahan bakunya seperti angka setana/*Cetane Number* (CN), titik kabut/*Cloud Point* (CP), titik nyala / *Flash Point* (FP), bilangan iod/*Iodine Value* (IV) dan stabilitas oksidasi. Nilai-nilai ini dipengaruhi oleh komposisi asam lemak minyak yang menghasilkan FAME dengan komposisi berbeda seperti metil miristat, palmitat, metil stearat, metil oleate, metil linoleat, metil linolenat, metil oleostearat, dsb. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilaporkan beberapa peneliti (Knothe, 2005 ; Refaat, 2009).

Gambar 9 menyajikan pengaruh jenis asam lemak FAME terhadap karakteristik biodiesel (Edith, *et.al.* 2012)



Gambar 9. Pengaruh jenis FAME terhadap karakteristik biodiesel

Diantara semua jenis FAME terlihat bahwa metil oleat memiliki sifat yang “optimum” karena angka setan cukup, titik beku rendah, viskositas baik, dan kestabilan

oksidasi memadai (sekitar 14 jam), persyaratan SNI minimal 8 jam sedangkan WWFC (World WideFuel Charter: organisasi produsen mobil dunia) minimal 10 jam.

Biodiesel dengan kandungan asam lemak jenuh tinggi (sawit khususnya *palm stearin*) memiliki keunggulan nilai angka setana (kualitas penyalaan) dan stabilitas oksidasi tinggi, namun memiliki kelemahan titik kabut dan titik beku yang tinggi (sifat alir pada temperatur rendah tidak baik). Sedangkan biodiesel dengan kandungan asam lemak tak jenuh ganda tinggi seperti biodiesel Kemiri Sunan memiliki sifat sebaliknya (sifat alir pada suhu rendah baik namun angka setana dan stabilitas oksidasi rendah).

Tingginya kadar asam-asam lemak tak jenuh ganda adalah kelemahan sekaligus keunggulan minyak kemiri sunan. Biodiesel yang dibuat langsung dari minyak kemiri sunan tak akan memenuhi persyaratan mutu yang berlaku (angka iodium terlalu tinggi, kestabilan oksidasi terlalu rendah). Hasil-hasil pengukuran di ITB menunjukkan bahwa periode induksi Rancimat (yaitu ukuran kestabilan oksidasi) dari biodiesel Kemiri Sunan 10 – 15 menit (Soerawidjaja, 2014). Hasil uji stabilitas oksidasi yang dilaporkan Soeradinata dan Tirza (2015) nilai stabilitas oksidasi biodiesel Kemiri Sunan hanya 0,08 jam (4,8 menit) sedangkan laporan Gultom A.H dan Fransiska N (2016) diperoleh nilai stabilitas oksidasi 0,45 jam (27 menit).

Hasil stabilitas oksidasi biodiesel menunjukkan bahwa stabilitas oksidasi akan lebih lama (lebih tahan) terhadap reaksi oksidasi. Semakin baik stabilitas oksidasi biodiesel, maka ketahanan biodiesel tersebut dari degradasi yang disebabkan reaksi oksidasi semakin baik. Kestabilan oksidasi yang rendah menyebabkan molekul FAME mudah teroksidasi membentuk hidrogen peroksida dan kemudian membentuk asam, seperti asam format, asam asetat, dan asam propionat. Reaksi oksidasi yang terjadi pada biodiesel dapat menyebabkan meningkatnya nilai viskositas, nilai peroksida, dan nilai densitas dari biodiesel, sedangkan panas pembakaran menjadi berkurang.

Dalam usaha peningkatan stabilitas oksidasibiodiesel ada beberapa metode yang dapat dilakukan, yaitu diantaranya :

a. Penambahan Antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi (Chaithongdee, *et.al.*, 2010) Antioksidan dalam hal ini berperan sebagai zat penstabil (*stabilizing agent*). Contoh antioksidan yang dapat digunakan adalah TBHQ (*tert-butylhydroquinone*) dan BHT (*butylated hydroxytoluene*). Namun, penambahan zat antioksidan dapat meningkatkan kekhawatiran sifat fisik bahan bakar (Wadumsthrige *et al.*, 2009 dalam Wibowo *et al.*, 2011). Selain itu, tambahan biaya perlu dikeluarkan untuk menambahkan peralatan dan antioksidan itu sendiri, dan memilih antioksidan yang tidak mempengaruhi sifat-sifat biodiesel yang lainnya (Paryanto, 2010)

b. Fraksionasi/Pemisahan

Metode fraksionasi adalah metode yang dilakukan dengan memisahkan sebagian komponen asam lemak tak jenuh berikatan rangkap ganda atau lebih dengan menggunakan model fraksinasi. Kemampuan biodiesel untuk dapat tahan dari reaksi oksidasi dapat meningkat setelah sebagian asam lemak tak jenuh ganda tersebut dipisahkan dari komponen lainnya.

c. Teknik Pencampuran/Blending

Peningkatan stabilitas oksidasi biodiesel dapat juga dilakukan dengan teknik *blending* (Ji-Yeon Park, dkk. 2008), yaitu dengan cara mencampurkan biodiesel dari beberapa jenis minyak yang berbeda komposisi asam lemaknya. Minyak dengan kandungan asam lemak tak jenuh ganda tinggi dicampur dengan minyak yang memiliki kadar asam lemak tak jenuh ganda yang rendah (kecil), misalnya biodiesel sawit atau biodiesel oleat (Fajar dkk, 2010).

d. Hidrogenasi

Hidrogenasi adalah reaksi yang terjadi antara molekul hidrogen (H_2) dengan senyawa kimia lain dimana berfungsi untuk memutus ikatan rangkap yang terdapat dalam senyawa tersebut. Semakin sedikit jumlah ikatan rangkap, akan semakin meningkatkan kestabilan senyawa terhadap reaksi oksidasi. Namun,

untuk biodiesel tidak dapat dilakukan pemutusan ikatan rangkap secara total. Hal ini dikarenakan dapat terjadinya perubahan fisis dari cair menjadi padat pada biodiesel dalam suhu kamar dimana akan menyulitkan aplikasinya sebagai bahan bakar. Oleh karena itu, hidrogenasi yang dilakukan adalah parsial hanya terjadi untuk mengurangi jumlah ikatan rangkap ganda menjadi tunggal. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan hidrogenasi biodiesel yaitu temperature reaksi, kecepatan pengadukan, tekanan, jenis dan jumlah katalis serta waktu reaksi (Fajar dkk, 2010), (Joelianingsih, dkk. 2015).

SIMPULAN DAN SARAN

Waktu optimum reaksi esterifikasi adalah 4 jam. Waktu optimum untuk reaksi transesterifikasi adalah 30 menit. Semakin besar ukuran diameter *magnetic stirrer* semakin besar kadar FAME. Untuk menghasilkan kadar metil ester minimum 96,5%-m perlu dilakukan beberapa tahap reaksi transesterifikasi dengan waktu reaksi setiap tahapan adalah 30 menit. Hasil uji *Chromatography Gas* kadar metil ester produk biodiesel adalah 81,24%-m sedangkan dengan metode hitung (SNI) didapat kadar metil ester sebesar 98,7% m. Hasil penelitian produk biodiesel sudah memenuhi persyaratan SNI 7182:2015 untuk kadar metil ester yang ditetapkan sebesar minimum 96,5%-m, angka asam 0,30 mg KOH/g sampel dan gliserol total 0,13%-m.

Komposisi asam lemak biodiesel Kemiri Sunan dari hasil penelitian yang dilakukan dibandingkan dengan referensi sudah sesuai. Komposisi asam lemak terbesar adalah C18:3 (metil oleostearat) 42,28%-m, diikuti oleh C18:2 (metil linoleat) 20,56%-m, C18:1 (metil oleat) 17,26%-m, C16:0 (metil stearat) 13,72%-m, C18:0 (metil stearat) 5,56%-m dan C14:0 (metil miristat) 0,18%-m. Berdasarkan komposisi asam lemaknya, biodiesel yang dibuat langsung dari minyak kemiri sunan tak akan memenuhi persyaratan mutu yang berlaku (angka iodium terlalu tinggi, kestabilan oksidasi terlalu rendah). Beberapa teknologi yang bias digunakan untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan penambahan antioksidan, fraksionasi, *blending* dan hidrogenasi parsial.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Pemerintah Republik Indonesia yang telah memberikan dana hibah penelitian melalui Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Skim Riset Strategis Nasional dengan Kontrak No. 807/K3/KM/ SPK.LT/2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, A. dkk. 2014. *Biodiesel Bahan Baku, Proses, Dan Teknologi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Chaithongdee, D., Chutmanop, J., and P. Srinophakun., P. 2010. Effect of antioxidant and additives on the oxidation stability of *Jatropha* biodiesel. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 44: 243–250.
- Eckey, E.W. 2001. *Vegetable Fats and Oils*, American Chemical Society Monograph Series, Reinhold Publishing Corp., New York, 1954, hlm. 579
- Fajar, R., Prawoto, Bambang, S., 2012. Predicting Fuel Properties of Partially Hydrogenated *Jatropha* Methyl Esters Used for Biodiesel Formulation to Meet the Fuel Specification of Automobile and Engine Manufacturers. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 46 : 629 – 637.
- Gultom, A.H., dan Fransiska, N. 2016. *Optimasi Kondisi Proses Hidrogenasi Parsial Biodiesel Kemiri Sunan Untuk Memperbaiki Stabilitas Oksidasi*. Laporan Penelitian. Institut Teknologi Indonesia. Tangerang Selatan.
- Herman, M dkk. 2013. *Kemiri Sunan (Reutealis Trisperma (Blanco) Airy Shaw) Tanaman Penghasil Minyak Nabati dan Konversi Lahan*. Bogor : IAARD.
- Ji-Yeon Park, dkk. 2008). Blending effect of biodiesel on oxidation stability and low temperature flow peoperties. *In: Biosource Technology*, 99 :1196-1203.
- Joelianingsih, Prastia, P., Andi, W.H., Fajar, R. 2015. Partial Hydrogenation of *Calophyllum Inophyllum* Methyl Esters to Increase the Oxidation Stability Value. *Journal of Engineering and Tech Sciences*. 47 (5) : 498-507
- Knothe, G. 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86:1059 – 1070.

- Mittlebach, M., dan Remschmidt, C. 2004. *The Biodiesel Comprehensive Handbook*, Vienna : Boersedruck Ges.m.bH, 2004, hal.1-6
- Novarita, A., dan Syahirah. 2014. *Unjuk Kerja Reaktor Kolom Gelembung Untuk Reaksi Serempak Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Laporan Penelitian. Institut Teknologi Indonesia Tangerang Selatan.
- Paryanto, I. 2010. *Pengembangan Teknologi Hidrogenasi Katalitik untuk Menghilangkan Gugus-Gugus Tak Jenuh Ganda dari Minyak Nabati dalam rangka Meningkatkan Stabilitas Oksidasi Biodiesel*. Balai Rekayasa Disain dan Sistem Teknologi Tangerang.
- Pranowo, D., Syakir, M., Prastowo, W., Herman, M, Aunillah, A., Sumanto. 2014. *Pembuatan Biodiesel dari Kemiri Sunan dan Pemanfaatan Hasil Samping*. Jakarta: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. IAARD Pres. Hal 12-18
- Refaat A.A. 2009. Correlation between The Chemical Structure of Biodiesel and Its Physical Properties. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (4), 677-694
- Soeradinata, Y., dan Tirza K. 2015. *Hidrogenasi Parsial Biodiesel Kemiri Sunan dengan Katalis Pd/ γ -Al₂O₃ untuk Meningkatkan Kestabilan Oksidasi Sesuai Standar SNI 7182:2012*. Laporan Penelitian. Insitut Teknologi Indonesia. Tangerang Selatan.
- Soerawidjaja, Tatang H. 2014. *Peran kunci bahan bakar nabati (BNN) di dalam mewujudkan ketahanan energi nasional*. ([http://pii.or.id/home/wp-content/uploads / ITB - Peran-Kunci-Bahan-Bakar-Nabati-BBN.pdf](http://pii.or.id/home/wp-content/uploads/ITB-Peran-Kunci-Bahan-Bakar-Nabati-BBN.pdf)) diakses pada 22 September 2015.
- Wibowo, A.S., dan Laras, W.D. 2011. *Reaksi Hidrogenasi Parsial untuk Meningkatkan Stabilitas Biodiesel*. Laporan Penelitian Teknologi Kimia 2, ITB.