

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN MENGGUNAKAN IRADIASI GELOMBANG MIKRO

Astsari Abdul Majid*, Dhani Prasetyo*, YC Danarto**

*Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

**Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami 36A Surakarta 57126 Telp/Fax (0271) 632112

Email: amajid@civitas.uns.ac.id

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar yang sangat berpotensi untuk menggantikan bahan bakar solar. Minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Salah satu metode pembuatan biodiesel adalah dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan pemanasan metode konvensional, karena pemanasan metode konvensional sangat lambat dan tidak efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan iradiasi gelombang mikro. Tahapan percobaan terdiri dari perlakuan awal, transesterifikasi, pemisahan, pencucian, dan analisis hasil biodiesel. Transesterifikasi minyak jelantah berlangsung dalam oven microwave dengan: (a) variasi daya microwave (100, 150, 200, 250, dan 300 Watt) pada waktu masing-masing 5 menit, dan (b) variasi waktu reaksi (5, 10, 15, 20 dan 25 menit) pada daya tetap 100 Watt. Dari penelitian diketahui bahwa kondisi operasi untuk menghasilkan kualitas yield biodiesel terbaik pada daya microwave sebesar 100 watt dan waktu pemanasan selama 10 menit. Yield biodiesel yang didapatkan sebesar 93,06%. Hasil analisis GC-MS menunjukkan lima senyawa metil ester (biodiesel) seperti: metil miristat, metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat. Sifat fisika biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi beberapa kriteria SNI untuk biodiesel.

Kata kunci: biodiesel; GC-MS; gelombang mikro; minyak jelantah; transesterifikasi

Pendahuluan

Cadangan bahan bakar diesel fosil semakin menipis dan pada suatu saat akan habis. Biodiesel sangat berpotensi untuk menggantikan bahan bakar solar, karena dapat dibuat dari sumber yang terbarukan, minyak nabati ataupun minyak hewani. Keuntungan menggunakan bahan bakar alternatif adalah emisi yang lebih baik, biodegradabilitas, dan tidak berkontribusi dalam peningkatan kadar CO₂ di atmosfer (Suppalakpanya et al., 2010).

Biodiesel memiliki beberapa keuntungan tersendiri dibanding solar dalam aspek keamanan, biodegradabilitas, dan lingkungan berikut ini (Saifuddin and Chua, 2004):

- Bahan bakar terbarukan dengan keuntungan bersih energi untuk memproduksinya
- Titik nyala lebih tinggi yang membuat lebih aman dalam pengangkutan dan penyimpanannya
- Sangat mengurangi emisi partikulat dan karbon monoksida
- Mengurangi *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) dan PAH ter-nitrasi yang bersifat karsinogen
- Pada dasarnya tidak mengandung sulfur, sehingga sangat mengurangi emisi sulfur dioksida dari kendaraan diesel
- Dapat terurai secepat dekstrosa

Minyak goreng sering kali dipakai untuk menggoreng secara berulang-ulang, bahkan sampai warnanya coklat tua atau hitam dan kemudian dibuang. Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang sangat berbahaya bagi kesehatan. Dalam penggunaannya, minyak goreng mengalami perubahan kimia akibat oksidasi dan hidrolisis, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada minyak goreng tersebut. Untuk mengatasinya, limbah minyak goreng bekas (jelantah) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Adhiatma et al., 2012).

Transesterifikasi adalah reaksi *reversible*, dimana trigliserida berubah secara sempurna menjadi digliserida, monogliserida, dan terakhir menjadi gliserin. Stoikiometrinya, 3 mol alkohol diperlukan untuk satu mol trigliserida, tetapi dalam prakteknya diperlukan perbandingan yang lebih besar dari itu untuk menggeser kesetimbangan sehingga menghasilkan ester yang lebih banyak.

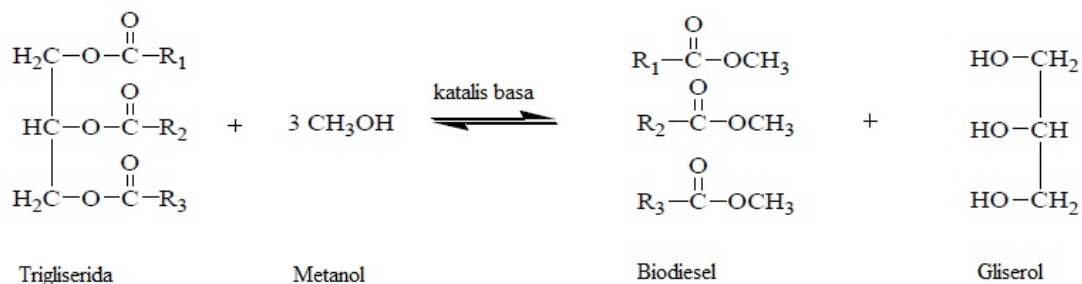
Reaksi transesterifikasi mengubah trigliserida (96-98 %minyak) dan alkohol menjadi ester, dengan sisa gliserin sebagai produk sampingnya. Hasilnya molekul-molekul trigliserida yang panjang dan bercabang diubah menjadi ester-ester yang lebih kecil yang memiliki ukuran dan sifat yang serupa dengan minyak solar.

Alkohol yang digunakan adalah alkohol dengan rantai pendek, seperti metanol, etanol dan butanol. Metanol dan etanol dapat dengan mudah dihasilkan dari bahan nabati. Etanol menghasilkan etil ester yang lebih sedikit dan meninggalkan sisa karbon yang banyak. Metanol selain harganya yang lebih murah, juga adalah jenis alkohol yang paling umum digunakan. Katalis digunakan untuk mempercepat jalannya reaksi (Encinar, 1999).

Metanol dan etanol adalah jenis alkohol yang banyak dipakai dalam industri, karena kedua jenis alkohol ini memberikan reaksi yang relatif lebih cepat. Reaksi dengan alkohol yang mempunyai titik didih lebih rendah dilaksanakan pada suhu 70-85 °C, sedangkan untuk reaksi dengan alkohol yang mempunyai titik didih tinggi dilakukan pada suhu 200-250 °C. Reaktor yang dipakai diusahakan dalam keadaan kering dan kadar asam lemak bebas yang ada dalam minyak atau lemak harus kecil. Konsentrasi katalisator akan berkurang karena air dan asam lemak bebas akan bereaksi dengan katalisator yang sifatnya basa dan membentuk sabun.

Metanolisis dengan 1 % berat kalium hidroksida (KOH) menghasilkan konversi paling bagus dengan yield terbanyak dan viskositas biodiesel yang bagus (Refaat et al., 2008). Reaksi stoikiometris membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Namun, eksese alkohol digunakan untuk meningkatkan yield alkil ester dan memudahkan pemisahan fase dari gliserol yang terbentuk (Schuchardt et al., 1998). Perbandingan molar optimum metanol/minyak adalah 6:1 (Refaat et al., 2008).

Keseluruhan reaksi transesterifikasi dapat dituliskan sebagai berikut (Ketaren, 1986):



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi

Ketika proses transesterifikasi telah banyak digunakan dan menjadi penting, ada beberapa pertimbangan inefisiensi dalam proses transesterifikasi saat ini. Pada pemanasan konvensional untuk proses transesterifikasi (proses batch, kontinyu, dan *supercritical methanol*), energi panas ditransfer secara konveksi, konduksi, dan radiasi dari permukaan ke bahan baku. Dengan demikian, pemanasan konvensional mengkonsumsi energi lebih banyak dan membutuhkan waktu lama untuk *preheating* dan reaksi, optimalnya 1 jam untuk menghasilkan yield biodiesel 95 %.

Salah satu energi alternatif, "iradiasi gelombang mikro" dapat digunakan untuk proses transesterifikasi. Dalam spektrum radiasi elektromagnetik, daerah radiasi gelombang mikro terletak antara radiasi inframerah dan gelombang radio. Gelombang mikro mempunyai panjang gelombang 1 mm – 1 m dengan frekuensi antara 0,3 – 300 GHz. Pada umumnya, untuk menghindari interferensi, peralatan *microwave* biasanya diatur dengan panjang gelombang 12,2 cm dengan frekuensi 2,45 GHz (Lidstrom et al., 2001). Pemanasan dengan gelombang mikro lebih menguntungkan jika dibanding pemanasan metode konvensional, dimana pemanasannya sangat lambat dan tidak efisien karena transfer energi ke bahan tergantung pada arus konveksi dan konduktivitas termal campuran reaksi (Refaat and El Sheltawy, 2008).

Ketika proses transesterifikasi konvensional memerlukan waktu 75 menit, proses dengan *microwave* hanya memerlukan waktu 4 menit. Pada kenaikan persentase daya, dalam waktu yang sama, jumlah konversi yang didapat agak konstan. Penggunaan proses transesterifikasi dengan bantuan gelombang mikro secara dramatis mengurangi waktu reaksi dari 75 menit menjadi 4 menit, (pada 60 °C) sehingga sangat menghemat waktu. Waktu iradiasi harus dikontrol untuk menghindari *overheating* yang dapat menghancurkan beberapa molekul organik. Level daya radiasi tidak boleh terlalu tinggi, yang dapat menyebabkan kerusakan molekul organik (Sai fuddin and Chua, 2004).

Beberapa contoh metode transesterifikasi dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro telah dilakukan baik secara batch maupun kontinyu. Leadbeater dan Stencil telah melaporkan penggunaan gelombang mikro sebagai cara cepat dan sederhana untuk pembuatan biodiesel (Leadbeater et al., 2007). Pada penelitian kali ini dilakukan pembuatan biodiesel dengan menggunakan gelombang mikro secara batch.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah, karbon aktif, metanol (96%), KOH, dan akuades. Minyak jelantah didapat dari minyak goreng bekas warung-warung di sekitar kampus. KOH, asam klorida dan asam sulfat diperoleh dari Merck. Akuades yang bersifat steril diperoleh dari PT Ikapharmindo. Metanol yang digunakan mempunyai kemurnian 96% yang didapat dari Brataco Chemika.

Alat utama yang digunakan adalah oven *microwave*, corong pemisah, dan *magnetic stirrer*.

Tahap perlakuan awal

Percobaan dimulai dengan proses *bleaching* (pemucatan) minyak jelantah dengan cara memanaskan pada suhu 70 °C disertai pengadukan selama 1 jam dengan penambahan karbon aktif sebanyak 7 % berat. Kemudian minyak jelantah disaring dengan kertas saring untuk menghilangkan kotoran yang tersisa. Dilakukan pengukuran kadar asam lemak bebas (FFA) pada minyak jelantah.

Proses transesterifikasi

Pada proses transesterifikasi, minyak jelantah yang siap digunakan ditaruh ke dalam gelas beaker sebanyak 50 gram. Sementara itu, dipersiapkan larutan metanol (perbandingan molar metanol : minyak = 6:1) yang ditambahkan katalis KOH sebanyak 1 % berat minyak jelantah. Kemudian keduanya dicampur dan diaduk rata dalam gelas beaker dan dimasukkan ke dalam oven *microwave* yang sebelumnya telah diatur daya dan waktunya.

Transesterifikasi minyak jelantah berlangsung dalam oven *microwave* dengan: (a) variasi daya *microwave* (100, 150, 200, 250, dan 300 Watt) pada waktu masing-masing 5 menit, dan (b) variasi waktu reaksi (5, 10, 15, 20 dan 25 menit) pada daya tetap 100 Watt.

Proses pemisahan dan pemurnian

Setelah waktu yang ditentukan, kemudian hasil transesterifikasi dikeluarkan dari oven dan pindahkan ke dalam corong pemisah. Produk didiamkan selama \pm 20 jam sehingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas adalah biodiesel dan lapisan bawah adalah gliserol. Kemudian keduanya dipisahkan. Biodiesel hasil pemisahan dicuci berulang kali dengan akuades hingga akuades tidak lagi mengandung sabun dan terlihat jernih.

Analisis produk

Biodiesel yang didapatkan kemudian ditimbang beratnya untuk mendapatkan yield. Selanjutnya dilakukan analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) untuk mengetahui komponen-komponen penyusunnya. Dilakukan pula uji karakteristik biodiesel untuk mengetahui sifat fisik biodiesel.

Hasil dan Pembahasan

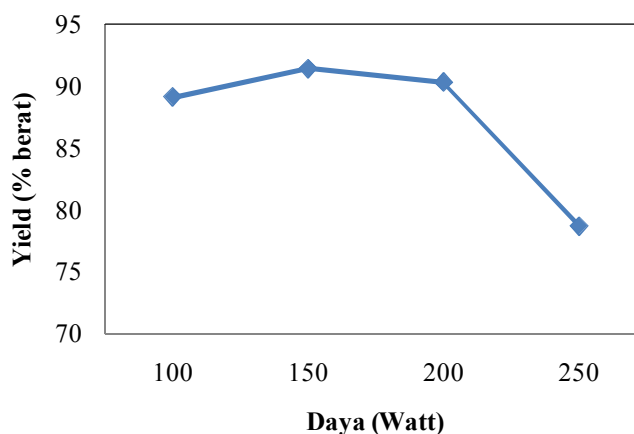
Pada penelitian ini, biodiesel dibuat menggunakan katalis KOH (1 % berat minyak jelantah) dan metanol dengan kadar 96% pada berbagai daya pemanasan dan waktu pemanasan. Dari hasil pengukuran didapatkan kadar asam lemak bebas minyak jelantah sebesar 0,5 % sehingga langsung dapat dilakukan proses transesterifikasi. Pada awalnya hasil berat biodiesel yang didapatkan akan meningkat seiring dengan semakin besar daya dan lama waktu pemanasan. Akan tetapi, ketika daya dan waktu pemanasan optimum telah tercapai maka hasil berat biodiesel yang didapatkan akan menurun. Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil berat biodiesel optimum adalah pada daya pemanasan 100 Watt dan waktu pemanasan 10 menit. Hasil yang didapatkan adalah biodiesel yang berwarna kuning keemasan di bagian atas dan gliserol yang berwarna merah kehitaman dibagian bawah. Setelah dipisahkan dan dimurnikan dengan cara dicuci menggunakan akuades hangat, biodiesel yang dihasilkan akan berwarna kuning bening.

Pengaruh daya pemanasan terhadap hasil (biodiesel)

Hasil biodiesel pada berbagai variasi daya dengan waktu konstan dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Hasil Percobaan Pembuatan Biodiesel dengan Variasi Daya (Watt) (Waktu 5 Menit)

Daya (Watt)	Berat Biodiesel (gram)	Yield (%)
100	44,60	89,20
150	45,74	91,48
200	45,18	90,36
250	39,37	78,74
300	-	-



Gambar 2. Grafik Hubungan Daya (Watt) dengan Yield Biodiesel (% Berat)

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 2, yield biodiesel mengalami peningkatan sampai daya 150 watt, lalu mengalami penurunan sampai daya 250 watt. Terlihat bahwa yield biodiesel optimum yang diperoleh saat daya 150 watt, yaitu sebesar 91,48 %.

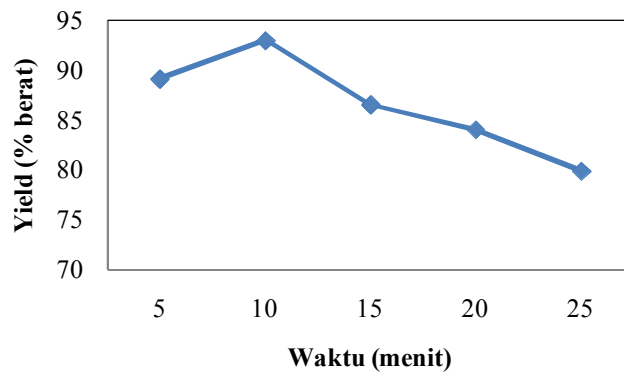
Pada daya radiasi 300 watt, biodiesel tidak terbentuk. Hasil yang diperoleh adalah produk berwarna coklat tua, agak hitam, dan berbau gosong, serta tidak ada pemisahan larutan seperti halnya hasil yang diperoleh pada waktu radiasi yang lainnya. Hal ini kemungkinan dikarenakan, pada daya 300 watt dengan waktu radiasi 5 menit, reaksi telah bergeser kearah reaktan kembali. Sehingga tidak terbentuk produk, sebab reaksi transesterifikasi merupakan reaksi dapat balik. Dimana setelah mencapai titik optimum, maka reaksi akan bergeser ke reaktan kembali (Handayani, 2010).

Pengaruh lama waktu pemanasan terhadap hasil (biodiesel)

Hasil biodiesel pada berbagai variasi waktu dengan daya pemanasan konstan dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3.

Tabel 2. Hasil Percobaan Pembuatan Biodiesel dengan Variasi Waktu (Daya 100 Watt)

Waktu (menit)	Berat Biodiesel (gram)	Yield (%)
5	44,60	89,20
10	46,53	93,06
15	43,30	86,60
20	42,05	84,10
25	39,97	79,94



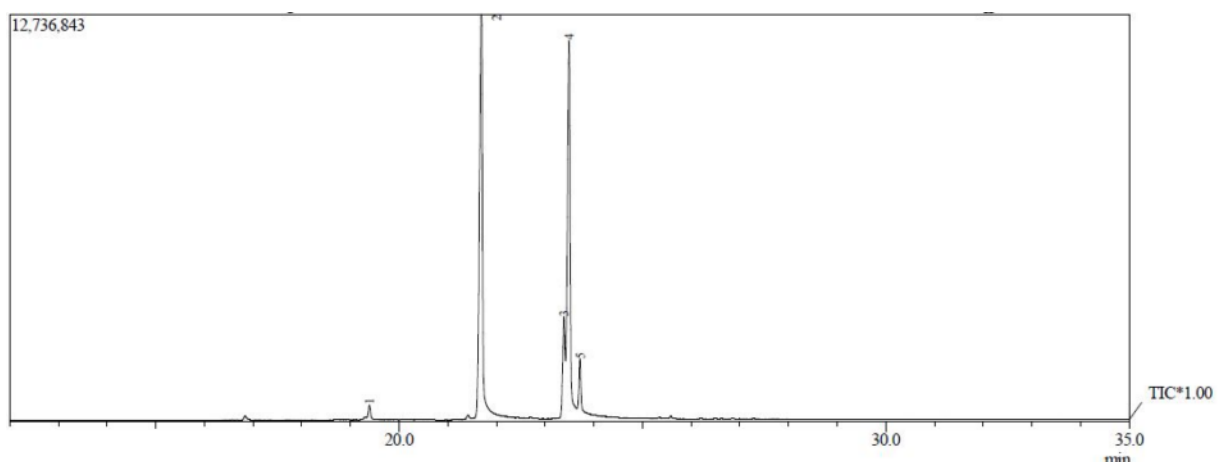
Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu (Menit) dengan Yield Biodiesel (% Berat)

Reaksi transesterifikasi menggunakan radiasi gelombang mikro mampu mempercepat reaksi, yang secara konvensional berlangsung selama 1-2 jam. Kebanyakan proses transesterifikasi konvensional selesai pada 30 menit pertama reaksi (mencapai yield 80%), kemudian selesai sepenuhnya setelah 1 jam (yield 96,15%). Dengan menaikkan waktu reaksi 3 jam tidak terdapat penambahan yield yang terlalu besar (yield 96,30%). Dari hasil yang didapat, persentase yield optimum didapatkan menggunakan perbandingan molar metanol : minyak sebesar 6:1, katalis yang digunakan KOH (1%) dan suhu 65°C selama 1 jam (Refaat et al., 2008).

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 3 dapat dilihat bahwa pengaruh waktu sangat tampak pada waktu dibawah 5 menit. Sebelum waktu 5 menit, persentase biodiesel yang dihasilkan cukup besar dibandingkan pada waktu-waktu setelahnya. Sedangkan pada daerah waktu 5 hingga 20 menit, kemungkinan merupakan daerah optimum, karena setelah mencapai titik tertentu, perolehan persentase biodiesel menurun kembali. Hasil konversi biodiesel yang optimum diperoleh pada waktu radiasi 10 menit, yaitu sebesar 93,06 %. Ketika reaksi dilanjutkan dengan waktu yang lebih lama, maka hasil konversi biodiesel yang diperoleh semakin menurun seiring dengan penambahan waktu radiasi.

Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Biodiesel yang dihasilkan dianalisis komposisinya menggunakan GC-MS. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 3.



Gambar 4. Kromatogram Biodiesel Hasil Analisis GC-MS

Dari hasil analisis GC-MS, biodiesel mengandung senyawa-senyawa yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Senyawa-senyawa yang Terdapat dalam Biodiesel dari Analisis GC-MS

Puncak	Waktu retensi, tR (menit)	Luas puncak (%)	Senyawa dalam biodiesel
1	19,390	0,96	Metil miristat
2	21,690	46,90	Metil palmitat
3	23,386	8,66	Metil linoleat
4	23,492	38,65	Metil oleat
5	23,716	4,82	Metil stearat

Dari gambar 4 dan tabel 3, diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan mengandung senyawa senyawa metil ester. Komposisinya dapat dilihat pada tabel 3. Senyawa metil ester yang diperoleh adalah metil miristat, metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat. Komposisi senyawa terbesar adalah metil palmitat (46,90 %) dan metil oleat (38,65 %).

Analisis sifat fisik biodiesel

Untuk mengetahui biodiesel yang telah dihasilkan, maka perlu dilakukan beberapa uji parameter biodiesel sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Uji biodiesel tersebut antara lain densitas, viskositas, titik nyala, titik tuang, dan kadar air yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Sifat Fisik Biodiesel Hasil Sintesis

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	SNI
1	<i>Specific Gravity at 60/60</i>	°F g/mL	0.8731	ASTM D 1298	0,850 - 0,890
2	<i>Kinematic Viscosity at 40 °C</i>	mm ² /s	4.956	IKU/5.4/TK-02	2,3 – 6,0
3	<i>Flash Point, PM.c.c</i>	°C	152.5	IKU/5.4/TK-03	min. 100
4	<i>Pour Point</i>	°C	9	IKU/5.4/TK-04	- 15 – 10
5	<i>Water Content</i>	% vol.	<i>trace</i>	ASTM D 95	maks 0,05

Jika dibandingkan dengan syarat mutu biodiesel Standar Nasional Indonesia, dari sisi massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, maupun titik tuang, telah memenuhi syarat yang ditetapkan. Sehingga biodiesel ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan bakar pengganti atau bahan tambahan untuk solar.

Kesimpulan

Radiasi gelombang mikro (*microwave*) dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah melalui proses transesterifikasi. Pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan gelombang mikro membutuhkan waktu yang jauh lebih singkat jika dibandingkan dengan proses pembuatan biodiesel secara konvensional. Pengaruh waktu reaksi dan daya *microwave* terhadap produk menunjukkan bahwa semakin besar waktu dan daya pemanasan, maka yield produk yang dihasilkan memiliki kecenderungan meningkat sampai titik tertinggi (optimum) kemudian akan turun kembali. Secara umum kualitas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar dan ketentuan biodiesel yang telah ditetapkan (SNI). Biodiesel dengan yield terbesar dihasilkan pada waktu reaksi 10 menit, daya 100 Watt. Yield optimum yang didapatkan adalah 93,06 % berat.

Daftar Pustaka

Anonim, (2006), "Standar Nasional Indonesia Biodiesel", *Badan Standardisasi Nasional, SNI 04-7182-2006*

Adhiatma, A., Anshory, C. P., Purwanto, A., & Ciptonugroho, W., (2012), "The Enhancement of Waste Cooking Oil Esterification Catalyzed by Sulfated Zirconia and Assisted by The Addition of Silica Gel", *Proceeding of 19th Regional Symposium on Chemical Engineering*, Bali.

- Encinar, J. M., (1999), "*Preparation and Properties of Biodiesel from Cynara Cardunculus L. Oil. Industrial and Engineering Chemistry Research*", (Vol. 38), Washington, Ind. Chem. Res.
- Handayani, S.P., (2010), "*Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro*", Skripsi S1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Ketaren, S, (1986), "*Minyak dan Lemak Pangan*", Jakarta, UI Press.
- Leadbeater, N. E., Barnard, T. M., Boucher, M. B., Stencil, L. M., & Wilhite, B. A., (2007), "Continuous-Flow Preparation of Biodiesel Using Microwave Heating", *Energy and Fuels*, 1777-1781.
- Lidstrom, P., Tierney, J., Wathey, B., & Westman, J., (2001), "Microwave Assisted Organic Synthesis – A Review", *Tetrahedron*, 9225-9283.
- Refaat, A. A., & El Sheltawy, S. T., (2008), "Time Factor in Microwave-Enhanced Biodiesel Production", *WSEAS Transactions*, Vol. 4 (4), 279-288.
- Refaat, A. A., Attia, N. K., Sibak, H. A., El Sheltawy, S. T., & El Diwani, G. I., (2008), "Production Optimization and Quality Assesment of Biodiesel from Waste Vegetable Oil", *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 5 (1), 75-82.
- Saifuddin, N., & Chua, K. H., (2004), "Production of Ethyl Ester (Biodiesel) from Used Frying Oil: Optimization of Transesterification Process using Microwave Irradiation", *Malaysian Journal of Chemistry*, 077-082.
- Schuchardt, U., Serchelia, R., & Matheus, R., (1998), "Transesterification of Vegetable Oils: a Review", *Journal of Brazilian Chemical Society*, Vol. 9 (1), 199-210.
- Suppalakpanya, K., Ratanawilai, S. B., & Tongurai, C., (2010), "Production of Ethyl Ester from Esterified Crude Palm Oil by Microwave with Dry Washing by Bleaching Earth", *Applied Energy*, 2356–2359.