

Studi Penggunaan Mikrowave pada Proses Transesterifikasi Secara Kontinu untuk Menghasilkan Biodiesel

Chomsin Sulistya Widodo, Muhammad Nurhuda, Aslama A., Hexa A., dan Saiful Rahman
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, Malang
Email: chomsin@brawijaya.ac.id

ABSTRAK

Sebuah metode baru untuk proses transesterifikasi kontinu dengan pemanasan menggunakan microwave telah dikembangkan. Desainnya terdiri atas pemanas microwave berlubang dimana sebuah pipa transparan menembus microwave tersebut. Pipa transparent digunakan untuk mengalirkan secara kontinu reaktan biodiesel. Hasil pengamatan eksperimen menunjukkan bahwa peralatan yang didesain dapat bekerja dengan baik. Pada tingkat daya keluaran microwave sebesar 1300 watt (2x650 watt), laju reaksi sebesar 1 liter/menit. Hasil pengukuran viskositas sebagai parameter penting biodiesel yang dihasilkan mencapai 1.5 – 1.76 lebih kental dibandingkan dengan minyak diesel mineral standart.

Kata kunci: Biodiesel, gelombang mikro, transesterifikasi.

ABSTRACT

A new method for continuous trans-esterification process that is based on the microwave heating, has been developed. The design consists of a microwave cavity, where in a transparent pipe is throughly set up. This transparent pipe is used to continuously flow the biodiesel reactants. The experimental observations indicate that the design works well. At the level of microwave output power of 1300 watt (2x650 watt), the reaction rate is found to be 1 liter/minutes. The viscosity measurements of biodiesel products, as most important parameter, yielded values of 1.5-1.76 times than that of mineral diesel, which satisfies the biodiesel standard

Keywords: Biodiesel, microwave, transesterifikasi.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negeri tropis yang subur diberkahi dengan berbagai sumber energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak, gas, dan batubara, maupun sumber energi yang dapat diperbarui seperti matahari, panas bumi, biomassa, tenaga air, angin, dan laut. Penggunaan minyak bumi masih mendominasi kebutuhan konsumsi energi di Tanah Air terutama untuk kepentingan transportasi. Sumber energi alternatif sangat diperlukan seiring terus meningkatnya penggunaan minyak bumi. Salah satu sumber energi yang memungkinkan untuk dikembangkan adalah berasal dari minyak nabati seperti biodiesel.

Di Indonesia, biodiesel masih dalam taraf pengembangan. Hal ini sangat menggembirakan, karena di Indonesia sebagai negara tropis mempunyai sumber minyak nabati yang cukup banyak dan beragam, mulai dari minyak pangan yang mudah didapat yaitu minyak sawit dan kelapa hingga minyak non pangan, seperti jarak pagar (*Jatropha curcas*), kapuk randu, nimba, nyamplung, dan lain-lain. Minyak lemak yang relatif mudah

didapat dewasa ini merupakan minyak pangan, sehingga harga bahan-bahan tersebut sangat ditentukan tingkat permintaan di sektor pangan nasional maupun dunia yang terus meningkat.

Pembuatan biodiesel tidak memerlukan peralatan canggih, hanya reaktor kimia tempat berlangsungnya reaksi, dan separator untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol. Produksi biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan pada skala kecil dan besar secara curah (*batch*) atau sinambung (*continuous*). Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan minyak nabati untuk memproduksi biodiesel dengan menggunakan sistem batch untuk reaktor pengaduknya [1,2,3].

Proses transesterifikasi bertujuan mengolah minyak nabati dengan menambahkan alkohol dan katalis menjadi biodiesel. Alkil esters pada rantai lemak yang panjang disebut biodiesel. Ester tersebut dapat dihasilkan dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi dengan metanol atau etanol [4,5,6,7, 8,9]

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu langkah memanfaatkan gelombang mikro dalam pro-

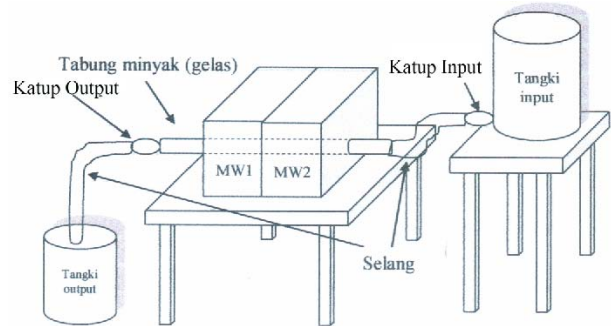
duksi biodiesel khususnya pada tahap transesterifikasi minyak nabati. Pemisahan gliserin dari biodiesel biasanya dilakukan dengan pemanasan. Pada pengolahan biodiesel secara konvensional waktu pemanasan sangat berpengaruh pada capaian hasil esterifikasi dan umumnya berlangsung selama 1-2 jam untuk skala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

Peralatan untuk menunjang proses transesterifikasi tengah dikembangkan dalam penelitian ini dimana untuk proses transesterifikasi digunakan gelombang mikro. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu langkah memanfaatkan gelombang mikro untuk reaksi transesterifikasi minyak nabati secara kontinyu. Hasil yang diharapkan adalah sebuah prototype dari peralatan transesterifikasi dengan masukan bahan yang kontinyu. Selain hal tersebut penelitian ini juga diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang biodiesel dan hasil penelitian diharapkan mendukung pengembangan penelitian biodiesel terutama dalam hal teknologi transesterifikasi biodiesel. Bagi pemerintah Indonesia, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi rakyat Indonesia untuk memanfaatkan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif selain BBM fosil.

METODE PENELITIAN

Rancang Bangun Perangkat Transesterifikasi

Perangkat transesterifikasi didesain seperti pada Gambar 1, yaitu dengan menggunakan dua buah mikrowave (MW1 dan MW2) yang banyak dipasarkan untuk umum. Kedua microwave dilubangi hingga tembus secara melintang. Pada lubang ini dipasang pipa kaca pirex setebal 3 mm sebagai tempat mengalirnya bahan biodiesel agar mendapat serapan gelombang mikro dan proses pemanasan dengan suhu maksimum. Kedua sisi pipa merupakan lubang inlet dan outlet yang masing-masing dihubungkan ke tangki input dan output melalui pipa elastis. Tangki *input* berisi bahan dasar biodiesel sebelum diproses sedang hasilnya ditampung di tangki *output*. Tangki *input* dirancang dengan kapasitas hingga mampu menampung 15 liter bahan biodiesel. Pada saluran input dan output dipasang katup untuk mengatur laju aliran proses yang terjadi. Keseluruhan perangkat mikrowave diletakkan di atas meja besi dimana posisi tangki *input* di atas mikrowave dan tangki *output* pada posisi di bawah mikrowave.



Gambar 1. Perangkat Transesterifikasi

Rancangan peralatan tersebut akan menghasilkan sebuah reaktor transesterifikasi biodiesel yang kontinyu dengan memanfaatkan mikrowave sebagai pandu gelombang mikro dan pemanas

Pengujian Peralatan

Pengujian pertama dilakukan dengan memasukkan bahan biodiesel yang sebelumnya telah dicampur hingga menjadi koloid atau emulsi ke dalam peralatan dan memantau kenaikan suhu yang terjadi. Naiknya suhu merupakan indikator bahwa pemanasan dengan gelombang mikro berjalan dengan baik. Pengujian kedua adalah pada proses transesterifikasi. Percobaan proses transesterifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah peralatan yang dibangun mampu melakukan transesterifikasi. Sebelum dilakukan pengujian transesterifikasi dilakukan terlebih dahulu pengujian fungsi gelombang mikro dengan mengukur suhu pada reaktor dengan menggunakan minyak diletakkan di dalam kaca dan suhu diukur pada minyak tersebut. Pengukuran suhu dilakukan setiap 5 hingga 25 menit.

Pada pengujian proses transesterifikasi, bahan yang digunakan sebagai pembentuk biodiesel adalah campuran minyak goreng curah, metanol dan katalis. Peralatan yang didesain dalam penelitian ini diharapkan dapat melakukan proses transesterifikasi secara kontinyu.

Perangkat microwave yang digunakan dalam desain ini diuji coba pada 3 daya yaitu pada 400, 500 dan 650 watt, sehingga total daya yang dihasilkan oleh perangkat transesterifikasi adalah 800, 1000 dan 1300 watt. Ketiga daya ini akan diuji coba untuk mengetahui pengaruh daya microwave yang digunakan terhadap hasil biodiesel.

Bahan biodiesel yang dihasilkan pada setiap daya total yang digunakan diambil untuk diukur nilai viskositasnya dengan menggunakan alat pengukur viskositas Oswald. Sisa bahan biodiesel kemudian dimasukkan lagi dalam kotak inlet supaya mengalami proses pemanasan lagi dan diukur juga viskositas setelah pengulangan pemanasan yang kedua. Pengulangan proses transesterifikasi dilakukan hingga lima kali.

Analisis Data

Analisis data yang diperoleh pada penelitian ini dilakukan untuk unjuk kerja peralatan yang dibuat serta faktor-faktor kualitas dan kuantitas biodiesel yang dihasilkan oleh alat tersebut.

Suhu-suhu yang terukur pada minyak dalam reaktor untuk masing-masing daya total 800, 1000 dan 1300 watt ditabulasikan dalam tabel dan dibandingkan antara suhu yang terukur sebelum minyak dimasukkan dalam perangkat transesterifikasi (T_0) dan sesudah (T_1). Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan perangkat transesterifikasi dalam memanaskan perangkat biodiesel. Pengukuran viskositas biodiesel ditabulasikan untuk masing-masing daya total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unjuk kerja Rancangan

Inteferensi yang terjadi di dalam rongga perangkat gelombang mikro dapat menghasilkan pola gelombang tegak, maka penting ditentukan posisi lembah dan simpul dari pola gelombang tegak yang terbentuk. Pengujian ini dilakukan langsung dengan mengukur suhu pada domain yang ditengarahi sebagai lembah dan simpul gelombang. Data pengukuran menunjukkan bahwa posisi simpul mempunyai suhu 26-27 °C sehingga praktis domain tersebut tidak mengalami pemanasan. Posisi simpul gelombang tersebut umumnya ditemui pada posisi dekat dengan dinding rongga gelombang mikro. Sebaliknya, posisi lembah ditandai dengan suhu tinggi. Pengukuran mencatat nilai suhu pada lembah sekitar 60-84 °C, tergantung dari daya pembangkit gelombang mikro yang digunakan.

Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa desain yang dibangun mampu menimbulkan pola gelombang tegak. Dari percobaan pendahuluan ini, akhirnya dapat ditentukan posisi kaca transparan untuk mengalirkan bahan biodiesel. Pipa kaca tersebut akhirnya diletakkan pada posisi tengah-tengah kotak, dimana pada posisi tersebut pancaran gelombang mikro akan menghasilkan suhu optimum pada rentang antara 60°C – 84°C

Percobaan Transesterifikasi

Pengujian berikutnya pada perangkat esterifikasi adalah pengujian untuk mengukur suhu yang dihasilkan oleh pancaran gelombang mikro jika terdapat minyak pada pipa kaca, yaitu dengan mengukur suhu sebelum campuran minyak biodiesel dimasukkan dalam peralatan transesterifikasi dan suhu setelah melalui peralatan tersebut. Pengukuran dilakukan pada tiga daya pembangkit gelombang yang ditentukan. Bahan biodiesel yang digunakan dalam pengujian ini adalah campuran minyak

goreng 4 liter dan metanol 1 liter dengan kadar katalis 1% berat minyak. Bahan tersebut kemudian dimasukkan dalam wadah dan dicampur hingga homogen menjadi emulsi larutan. Selanjutnya kran dibuka sehingga terjadi aliran masuk secara kontinu.

Untuk mengalirkan seluruh bahan biodiesel dari dalam wadah, diperlukan waktu 5 menit, sehingga debit aliran yang dihasilkan adalah 1 liter/menit. Setiap satu siklus, yakni waktu yang digunakan untuk menghabiskan bahan dalam wadah, diambil sampel beberapa mililiter untuk dianalisis hasil reaksinya. Bahan ini kemudian dimasukkan lagi dalam wadah dan untuk dilakukan reaksi pada siklus berikutnya, juga selama 5 menit. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai 5 kali.

Perlakuan ini diulang untuk beberapa daya masukan yang ditentukan. Hasil pengukuran ditampikan dalam Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1 Pengukuran suhu pada siklus 5 menit, daya total 800 watt

t(menit)	$T_0(^{\circ}\text{C})$	$T_1(^{\circ}\text{C})$	ΔT
5	25	41	16
10	41	44	3
15	44	44	0
20	44	46	2
25	46	46	0

Tabel 2. Pengukuran suhu pada siklus 5 menit, daya total 1000 watt

t(menit)	$T_0(^{\circ}\text{C})$	$T_1(^{\circ}\text{C})$	ΔT
5	27	47	20
10	47	53	6
15	53	54	1
20	54	56	2
25	56	61	5

Tabel 3. Pengukuran suhu pada siklus 5 menit, daya total 1300 watt

t(menit)	$T_0(^{\circ}\text{C})$	$T_1(^{\circ}\text{C})$	ΔT
5	27	57	30
10	57	59	2
15	59	61	2
20	61	68	7
25	68	73	5

Pada Tabel 1, 2 dan 3, (T_0) adalah suhu bahan biodiesel sebelum direaksikan pada sedangkan (T_1) adalah hasil pengukuran setelah bahan biodiesel keluar dari tabung reaktor, pada masing-masing siklus 5 menit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kenaikan suhu tergantung pada daya keluaran dari microwave. Ketika suhu zat reaktan masih rendah, kenaikan suhu berlangsung cepat. Ketika suhu zat reaktan meningkat, kenaikan suhu per siklus menjadi berkurang dan mencapai kenaikan minimum pada siklus ke 3.

Anomali terjadi bahwa kenaikan suhu justru pada siklus ke 4 dan ke 5. Hal ini disebabkan oleh pengaruh suhu ruangan sehingga terjadi perubahan suhu ketika dimasukkan kembali. Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan memungkinkan terjadinya perubahan suhu (bahan terlalu lama di luar).

Berdasarkan hasil pengukuran pada percobaan transesterifikasi dimana terjadi kenaikan suhu pada siklus yang pertama (5 menit) menunjukkan bahwa peralatan transesterifikasi yang dibangun dapat berfungsi dengan baik. Semakin besar daya yang pembangkit gelombang mikro yang digunakan semakin tinggi pula kenaikan suhu yang dihasilkan.

Hasil Transesterifikasi

Pengujian kualitas hasil biodiesel dari peralatan transesterifikasi dilakukan dengan mengukur biodiesel hasil pemanasan pada tingkat daya pembangkit gelombang mikro. Pada pengujian ini, bahan biodiesel yang keluar dari outlet dimasukkan kembali ke dalam peralatan transesterifikasi untuk mendapatkan pemanasan kembali, hingga 5 siklus. Pengukuran parameter biodiesel yang dilakukan pada penelitian ini adalah kekentalan biodiesel dibandingkan dengan kekentalan minyak disel mineral.

Pemisahan biodiesel (yang masih bercampur dengan katalis) sudah sangat nampak setelah bahan biodiesel dilewatkan pada peralatan transesterifikasi yang dibangun, sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Hasil pengukuran viskositas untuk masing-masing daya dan pengulangan pemanasan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran viskositas bahan biodiesel

Daya Total Gel Mikro (watt)	Nilai Viskositas pada Pengulangan Pemanasan (Poise)				
	1x	2x	3x	4x	5x
800	4.2311	4.2258	4.1619	4.1413	4.0795
1000	3.8996	3.8697	3.8457	3.8446	3.8096
1300	4.3810	4.3423	4.3107	4.2901	4.1443

Hasil pengukuran viskositas menunjukkan bahwa peralatan dapat berfungsi dan proses transesterifikasi berlangsung dengan baik, dimana nilai viskositas biodiesel yang masih bercampur dengan katalis berkisar 3,8 hingga 4,1 poise. Pengukuran kekentalan minyak solar pada suhu kamar 27 C menunjukkan nilai 2,4829 poise, sehingga perbandingan nilai kekentalan ester terhadap solar yang diperoleh pada nilai berkisar 1,55 hingga 1,76 kali.

Uji coba pencucian ester dan mengukur kekentalan memberikan hasil sebesar 3,0075 poise dan hasil tersebut menunjukkan bahwa pencucian tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekentalan biodiesel. Hal ini disebabkan karena pencucian

hanya mengurangi kadar katalis sampai pada tingkat aman untuk kendaraan. Nilai kekentalan biodiesel hasil pencucian besarnya 1,21 kali kekentalan solar.

Hasil penelitian seperti yang tertera dalam Tabel 4 menunjukkan bahwa proses transesterifikasi dapat berlangsung dengan baik tanpa melakukan siklus pengulangan pemanasan, jadi hanya cukup sekali bahan baku biodiesel dilewatkan pada perangkat transesterifikasi. Hal ini yang menunjukkan bahwa peralatan transesterifikasi yang dibangun dapat dipergunakan dengan baik dan hasilnya sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan yaitu penggunaan gelombang mikro dapat mempercepat proses transesterifikasi dalam sistem batch dengan kualitas hasil biodiesel yang tidak berbeda jauh. Hasil tersebut didapatkan dengan membandingkan dengan hasil biodiesel dengan pemanasan konvensional. [10,11].

Proses transesterifikasi berjalan dengan baik dimungkinkan karena adanya pipa kaca dan pancaran gelombang mikro yang mengarah pada pipa kaca, sehingga proses pemanasan berjalan baik. Beberapa aspek yang mempengaruhi proses dalam menghasilkan biodiesel adalah material dari peralatan yang digunakan dalam proses transesterifikasi yaitu kontainer atau reaktor transesterifikasi material pembentuknya terbuat dari metal. [12]. Proses transesterifikasi ini juga dapat berlangsung dengan kontinyu, yaitu bahan biodiesel dapat dilewatkan sekali saja pada peralatan transesterifikasi, berapapun volume yang dikehendaki. Daya pembangkit gelombang mikro juga sangat menentukan kualitas hasil biodiesel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Peralatan transesterifikasi yang dibangun dapat berjalan dan berfungsi dengan baik. Proses transesterifikasi dapat berjalan dengan baik dengan terbentuknya gliserol dan ester. Masing-masing daya pembangkit gelombang mikro dapat diatur hingga 650 watt, dengan suhu yang dihasilkan 60– 84°C. Hasil pengamatan kualitas biodiesel terpisah cukup baik dengan gliserol, dan pengukuran viskositas biodiesel yang menunjukkan kisaran nilai 3,8 – 4,1 poise, atau sebesar 1,55 hingga 1,76 kali kekentalan minyak solar.

Saran

Penelitian tentang biodiesel ini adalah merupakan penelitian pendahuluan sehingga belum banyak data kuantitatif yang dapat diungkap. Disarankan berikutnya dilakukan studi tentang pengukuran efisiensi peralatan transesterifikasi yang menggunakan gelombang mikro dan juga memberikan variasi bentuk pipa yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

1. Encinar J.M., González J.F. and A. Rodríguez-Reinares, Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization, *Fuel Processing Technology*, Volume 88, Issue 5, May 2007, pp. 513-522.
2. Satoshi Furuta, Hiromi Matsushashi and Kazushi Arata, Biodiesel fuel production with solid superacid catalysis in fixed bed reactor under atmospheric pressure, *Catalysis Communications*, Volume 5, Issue 12, December 2004, pp. 721-723.
3. Gemma Vicente, Mercedes Martínez, and José Aracil, A Comparative Study of Vegetable Oils for Biodiesel Production in Spain, *Energy Fuels*, 20 (1), 2006, pp. 394 -398.
4. Canakci M., and Gerpen, J.H, *Biodiesel Production via Acid Catalysis*, Transactions of the ASAE, 42(5), 1999, pp. 1203-1210.
5. Gerhard Knothe, Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters, *Fuel Processing Technology*, Volume 86, Issue 10, 25 June 2005, pp. 1059-1070.
6. Jon Van Gerpen, 2005, Biodiesel Processing and Production , *Fuel Processing Technology*, Volume 86, Issue 10, 25 June 2005, pp. 1097-1107.
7. Leung D.Y.C. and Guo Y., Transesterification of neat and used frying oil: Optimization for biodiesel production, *Fuel Processing Technology*, Volume 87, Issue 10, October 2006, pp.883-890.
8. Shweta Shah, Shweta Sharma, and M. N. Gupta, Biodiesel Preparation by Lipase-Catalyzed Transesterification of *Jatropha* Oil, *Energy Fuels*, 18 (1), 2004, pp.154 -159.
9. Titipong Issariyakui, Mangesh G. Kulkarni, Ajay K. Dalai and Narendra N. Bakhshi, Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system, *Fuel Processing Technology*, Volume 88, Issue 5, May 2007, pp.429-436.
10. Corsaro A., Chiacchio U., Pistara V., Romeo G, Microwave-assisted Chemistry of Carbohydrates, *Current Organic Chemistry*, Volume 8, Number 6, April 2004, pp. 511-538
11. Hernando J., Leton P., M.P. Matia, J.L. Novella and J. Alvarez-Builla, Biodiesel and FAME synthesis assisted by microwaves: Homogeneous batch and flow processes, *Fuel*, Volume 86, Issues 10-11, July-August 2007, pp. 1641-1644.
12. Gerhard Knothe, Some aspects of biodiesel oxidative stability, *Fuel Processing Technology*, Volume 88, Issue 7, July 2007, pp. 669-677.