

Pembuatan Biodiesel Secara Batch Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro

Rhesa P. Putra, Gria A. Wibawa, Pantjawarni P, dan Mahfud
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
mahfud@chem-eng.its.ac.id

Abstrak--Biodiesel merupakan bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru atau bekas penggorengan melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat biodiesel dari minyak goreng secara batch melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan radiasi mikrowave serta mempelajari berapa daya dan waktu optimal yang diperlukan untuk proses pembuatan biodiesel dengan radiasi *microwave* dengan katalis CaO, H₂SO₄, dan tanpa katalis. Dalam penelitian ini digunakan tiga variabel, yaitu daya (Watt); 100, 200, 300, 400, waktu (menit); 5, 10, 15, 20 dan jenis katalis; CaO, H₂SO₄, dan tanpa katalis. Pada tahap persiapan menghitung volume minyak dan metanol yang akan dicampur. Kemudian mencampurnya didalam reaktor. Lalu mendinginkan campuran hingga terbentuk dua lapisan atas dan bawah dilanjutkan dengan melakukan pemisahan lapisan atas (biodiesel) dari lapisan bawah (gliserol). Adapun pada tahap analisis, biodiesel hasil reaksi transesterifikasi dianalisa untuk mendapatkan data yield metil ester, densitas, viskositas, dan flash point. Dari penelitian diketahui bahwa hasil yang didapatkan masih belum dapat memenuhi standar biodiesel yang ditetapkan. Katalis CaO dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan katalis H₂SO₄ dan tanpa katalis. Kondisi operasi untuk menghasilkan kualitas yield biodiesel terbaik yaitu pada daya 200 Watt selama 20 menit dengan menggunakan katalis CaO. Yield biodiesel terbesar didapatkan yield sebesar 60,11 %.

Kata Kunci Biodiesel, Minyak Goreng, Transesterifikasi, Microwave.

I. PENDAHULUAN

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak, dan lainlain. Keuntungan biodiesel yaitu salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena biodiesel dapat mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO₂) dan bebas kandungan sulfur dibandingkan dengan bahan petroleum diesel lainnya [1].

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro [2].

Pembuatan biodiesel tanpa katalis membutuhkan perlakuan yang lebih. Dalam prosesnya membutuhkan temperatur dan tekanan tinggi. Sehingga membutuhkan reaktor yang berbahan khusus. Agar diperoleh yield maksimum, reaksi berjalan pada reaksi yang melebihi suhu metanol *supercritical* yaitu pada suhu 240 °C [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat biodiesel dari minyak goreng dari kelapa sawit melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan radiasi *microwave*

secara batch dan mempelajari berapa daya dan waktu optimal yang diperlukan untuk proses pembuatan biodiesel dengan radiasi *microwave* dengan katalis H₂SO₄, CaO dan tanpa katalis.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak goreng adalah proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan radiasi gelombang *microwave*.

A. Bahan Yang Digunakan

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan yang sudah dimurnikan (mengalami proses penyulingan, dan penghilangan bau) dan berbentuk cair dalam suhu kamar. Minyak goreng yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan FFA sebesar 0,05 %.

B. Deskripsi Peralatan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah *microwave* Electrolux model EMM2007X dengan frekuensi sebesar 2450 MHz dan daya sebesar 800W. Reaksi transesterifikasi dilakukan dalam reaktor kaca volume 250 ml.

C. Prosedur

Pertama-tama dilakukan pengukuran densitas minyak goreng. Selanjutnya katalis dengan metanol (Persen massa katalis terhadap minyak goreng disesuaikan dengan variabel) dicampur dan diaduk. Campuran tersebut kemudian dituang kedalam reaktor bersama dengan minyak goreng. Setelah itu mengatur daya dan waktu pemanasan didalam *microwave* yang disesuaikan dengan variabel. Produk yang dihasilkan kemudian didiamkan dan didinginkan hingga terbentuk dua lapisan, lapisan atas (biodiesel) dari lapisan bawah (gliserol). Selanjutnya biodiesel yang terbentuk dicuci dengan aquades untuk mencegah adanya kontaminasi.

D. Variabel Penelitian

- Waktu (t) proses radiasi : 5, 10, 15, 20 menit
- Katalis : H₂SO₄ (1%), CaO (1%), tanpa katalis
- Daya Output *microwave* : 100, 200, 300, 400 Watt

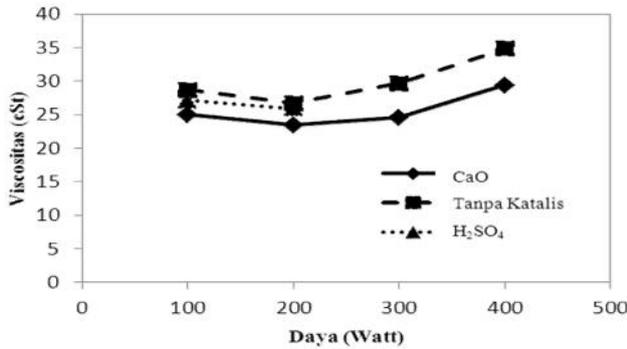
III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan biodiesel non-katalis dan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis asam (H₂SO₄) dan katalis basa padat (CaO). Perbandingan molar metanol dengan minyak yang digunakan adalah 1:6. Pembuatan biodiesel dilakukan pada variasi daya

microwave yang digunakan yaitu 100, 200, 300, 400 watt pada masing-masing katalis CaO, H₂SO₄ dan tanpa katalis.

A. Pengaruh Daya Microwave Terhadap Viskositas Produk.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 1 merupakan pengaruh viskositas produk yang dihasilkan terhadap fungsi daya *microwave*



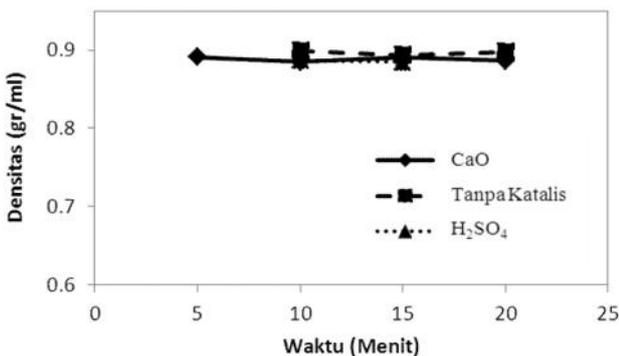
Gambar 1. Pengaruh viskositas biodiesel terhadap daya *microwave*

Dari gambar tersebut, terlihat perbedaan penggunaan katalis asam, basa serta tanpa katalis. Viskositas produk dengan katalis CaO kurang lebih terletak pada range 23,45 – 29,35 cSt. Sedangkan untuk produk dengan katalis H₂SO₄ 25,88 – 27,12 cSt. Untuk produk tanpa katalis, viskositasnya terletak pada range 26,71 – 34,81 cSt. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa viskositas produk pada masing-masing variabel katalis paling rendah saat daya mikrowave sebesar 200 watt. Hal ini disebabkan karena semakin besar daya akan memberikan efek thermal yang besar pula yang ditandai dengan peningkatan suhu yang cepat. Reaktan yang telah terkonversi menjadi biodiesel dan gliserol akan mengalami reaksi lanjut seiring peningkatan tekanan dan peningkatan suhu [4].

B. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Densitas Produk

Densitas adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Semakin rendah suhu, maka berat jenis biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Keberadaan gliserol dalam biodiesel mempengaruhi densitas biodiesel karena gliserol memiliki densitas yang cukup tinggi (1,26 g/cm³). Sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari biodiesel, maka densitas biodiesel akan meningkat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 2 merupakan pengaruh densitas produk yang dihasilkan terhadap waktu pemanasan



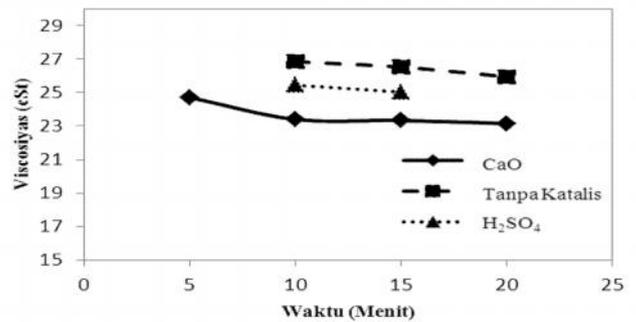
Gambar 2. Pengaruh densitas biodiesel terhadap waktu pemanasan

Dari gambar tersebut terlihat bahwa data-data hasil analisa untuk densitas biodiesel dengan katalis CaO yaitu berkisar antara nilai 0,885 - 0,891 g/ml, dan untuk densitas biodiesel dengan katalis H₂SO₄ berada pada range 0,885 - 0,887 g/ml. Pada proses dengan menggunakan katalis H₂SO₄ ini pada waktu reaksi 5 menit belum terbentuk produk yang ditandai dengan masih terdapat dua layer antara minyak dan metanol. Dan pada waktu 20 menit tidak dilakukan penelitian dengan alasan keamanan karena ada indikasi reaktor sudah tidak kuat menahan tekanan reaksi. Sedangkan densitas biodiesel tanpa katalis yaitu antara 0,894 - 0,899 g/ml. Pada waktu reaksi 5 menit juga masih belum terbentuk produk biodiesel [5].

C. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Viskositas Produk

Viskositas adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan pemisahan gliserol dari biodiesel selain densitas. Gliserol merupakan salah satu senyawa yang dapat meningkatkan viskositas biodiesel.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 3 merupakan pengaruh viskositas produk yang dihasilkan terhadap waktu pemanasan



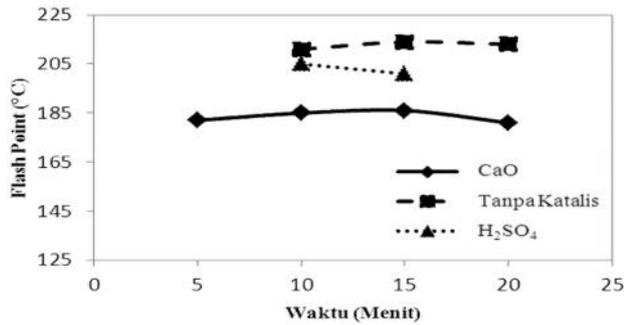
Gambar 3. Pengaruh viskositas biodiesel terhadap waktu pemanasan

Dari nilai viskositas produk yang dihasilkan yaitu antara 23,15 – 23,71 cSt untuk katalis CaO, 25,94 – 26,84 cSt untuk tanpa katalis, dan 25,03 – 25,44 cSt untuk katalis H₂SO₄. Viskositas yang didapatkan tidak sesuai dalam batas standar SNI-04-7182-2006 yaitu sebesar 2,3 – 6,0 cSt. Hal ini dikarenakan reaktor yang digunakan kurang kuat terhadap tekanan pada saat bereaksi. Sehingga ada kemungkinan sebagian metanol keluar dan reaksinya belum sempurna. Selain itu terjadinya perbedaan viskositas pada biodiesel yang dihasilkan disebabkan oleh beberapa impuritis yang masih terkandung dalam biodiesel berupa sisa-sisa reaktan yang tidak bereaksi. Selain itu hal ini juga bisa disebabkan pemisahan yang kurang efektif dan kurang sempurna. Untuk mengatasi hal itu bisa dilakukan alternatif cara pemisahan yang lain seperti cara sentrifugasi [6].

D. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Flash Point Produk

Flash point yang tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah. Sebaliknya, *flash point* bahan bakar yang terlalu rendah akan membahayakan karena tinggi resiko penyalaan. Pada umumnya nilai minimal untuk *flash point* sebesar 130°C.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 4 merupakan pengaruh *flash point* produk yang dihasilkan terhadap waktu pemanasan



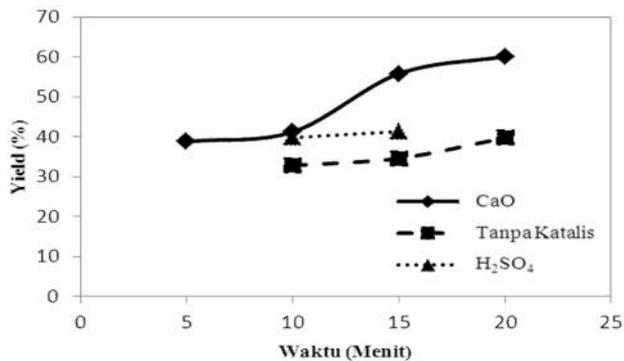
Gambar 4. Pengaruh *flash point* biodiesel terhadap waktu pemanasan

Dari Gambar 4 tersebut terlihat range *flash point* dengan menggunakan katalis CaO sebesar 181 °C - 186 °C. Untuk katalis H₂SO₄ diperoleh range antara 201°C - 205°C. Sedangkan untuk tanpa katalis yaitu 211°C - 214°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu reaksi akan menghasilkan *flash point* yang cenderung semakin rendah. Perbedaan yang terjadi dalam titik nyala api tersebut dapat dikarenakan masih adanya pengotor yang berupa gliserol dan sisa katalis yang belum sepenuhnya hilang dan hal ini dapat disebabkan karena masih adanya kandungan komponen dalam biodiesel yang mempunyai *flash point* yang tinggi sehingga menaikkan nilai *flash point* biodiesel. Dalam hal ini, sisa minyak goreng menjadi salah satu kemungkinan penyebab terjadinya nilai *flash point* yang tinggi [7].

E. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Yield Produk

Yield merupakan perbandingan antara mol biodiesel yang dihasilkan (produk yang diinginkan) dengan mol minyak goreng yang direaksikan dengan dikalikan faktor stoikiometri. Range nilai yield pada penelitian ini untuk katalis CaO berkisar dari 38,81% - 60,11%, untuk tanpa katalis 32,78% - 39,72%, dan untuk katalis H₂SO₄ 39,78% - 41,31%. Sedangkan untuk proses pembuatan dengan menggunakan katalis H₂SO₄ dan tanpa katalis pada waktu 5 menit belum terbentuk produk. Dan pada waktu 20 menit dengan katalis H₂SO₄ tidak dilakukan penelitian dengan alasan keamanan karena ada indikasi reaktor sudah tidak kuat menahan tekanan reaksi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 5 merupakan pengaruh *yield* produk yang dihasilkan terhadap waktu pemanasan



Gambar 5. Pengaruh *yield* biodiesel terhadap waktu pemanasan.

Dari hasil analisa yield dapat dilihat profile kenaikan yield seiring kenaikan waktu pada semua variabel katalis. Hal ini menandakan range waktu yang kami jadikan sebagai variabel masih dalam range dimana yield belum turun kembali seiring kenaikan suhu dan waktu. Semakin lama waktu reaksi maka suhu juga semakin meningkat sehingga memberikan efek thermal yang besar pula yang ditandai dengan peningkatan suhu yang cepat. Sesuai dengan literatur bahwa reaktan yang telah terkonversi menjadi biodiesel dan gliserol akan mengalami reaksi lanjut seiring peningkatan tekanan dan peningkatan suhu [8].

Ketika reaksi dilanjutkan dengan waktu yang lebih lama, maka hasil konversi biodiesel yang diperoleh semakin menurun seiring dengan penambahan waktu radiasi karena reaksi transesterifikasi merupakan reaksi dapat balik. Dimana setelah mencapai titik optimum, maka reaksi akan bergeser ke arah reaktan kembali [9].

Bila ditinjau dari waktu reaksi proses ini jauh lebih cepat dengan waktu reaksi dalam satuan menit, jika dibandingkan proses konvensional masih membutuhkan waktu dalam satuan jam. Dari segi katalis, katalis heterogen alkali memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan katalis homogen asam. Selain biayanya lebih murah, katalis heterogen juga lebih mudah untuk dipisahkan dan dapat digunakan kembali untuk proses selanjutnya [10].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang kami peroleh maka dapat disimpulkan bahwa :

- * Radiasi gelombang micro (*microwave*) dapat dimanfaatkan dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak goreng melalui proses reaksi transesterifikasi secara batch.
- * Dari ketiga variabel katalis, pembuatan biodiesel dengan katalis CaO memberikan hasil yang lebih baik (60,11% yield pada waktu reaksi 20 menit, daya 200 Watt.) dibandingkan dengan katalis H₂SO₄ dan tanpa katalis.
- * Secara umum kualitas biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi standar dan ketentuan biodiesel yang telah ditetapkan, karena reaktor tidak mampu beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handayani, S.P. "Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro". Skripsi Jurusan FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta (2010).
- [2] Wilujeng, R dan Fityatin, A. "Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro (Microwave). Skripsi Jurusan Teknik Kimia ITS Surabaya (2011).
- [3] Wayan, S. "Pengembangan Proses Produksi Biodiesel Biji Karet Memakai Metode Non-Katalis 'Superheated Metanol' Tekanan Atmosfir dan Uji Coba Pada Mesin Diesel". Disertasi Jurusan Teknik Kimia ITS Surabaya (2012).
- [4] Refaat, A.A, dan Sheltawy, S.T. "Time factor in microwave-enhanced biodiesel production." The WorldScientific and Engineering Academy and Society Transactions on Environment and Development (2008).
- [5] Santoso, R.A dan Wijaya, A.K. "Pembuatan Biodiesel dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro (Microwave) sebagai Alternatif Proses yang Efisien dan Cepat". Skripsi Jurusan Teknik Kimia ITS Surabaya (2009).
- [6] Suppes, G.J, Bockwinkel, K, Lucas, S, Botts, J.B, Mason, M.H, dan Heppert, J.A. "Calcium Carbonate Catalyzed Alcoholysis of Fats and Oils". Department of Chemical and Petroleum Engineering and Chemistry, The University of Kansas (2001)
- [7] Atabani, A.E, Silitonga, A.S, Badrudin, I.A, Mahlia, T.M.I, Masjuki, H.H, dan Mekhilef, S. "A Comprehensive Review on

- Biodiesel as An Alternative Energy Resourc and its Characteristics*". University of Malaysia (2011).
- [8] Suppalakpanya,K, Ratanawilai,S, Nikhom,R, dan Tongurai,C. "*Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil by Two-Step Reaction Using Continous Microwave System*". Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,Prince of Songkla University, Thailand (2011).
- [9] Freedman,B, Pryde,E.H, dan Mounts,T.L. "*Variable Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils*". Northern Regional Research Center,Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture (1984).
- [10] Lam, M.K, Lee,K.T, dan Mohamed,A.R. "*Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of highfree fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel*" School of Chemical Engineering, Universiti Sains Malaysia, Malaysia (2010).