

## TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN *CONTINUOUS MICROWAVE BIODIESEL REACTOR*

Ari Wibowo 1), Ade Okta Viani 2), Heri Rustamaji 3)

1) Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung

2) Lembaga Penelitian Universitas Lampung

ariwibowo920412@gmail.com

adeoktaviani212@gmail.com

hrustamaji@gmail.com

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh *Static mixer* dan laju alir pada proses transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel dengan metode *Continuous Microwave Biodiesel Reactor*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *yield* tertinggi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan *Continuous Microwave Biodiesel Reactor*. Variabel yang divasiakan dalam penelitian ini adalah proses pencampuran bahan baku tanpa *static mixer*, *static mixer I*, *static mixer II*, serta laju alir 0,22; 0,33; dan 0,65 cm<sup>3</sup>/detik. Sedangkan beberapa variabel lain mengikuti kondisi optimum pada penelitian sebelumnya oleh Patil et al. (2011), dimana rasio molar minyak jelantah : metanol adalah 1:9 (mol/mol), dengan berat katalis NaOH 2 % berat minyak jelantah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *yield* tertinggi diperoleh pada percobaan (9) dengan pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer II* dengan laju alir 0,65 cm<sup>3</sup>/detik yaitu sebesar 93,95 %. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan *static mixer* pada *Continuous Microwave Biodiesel Reactor* berpengaruh terhadap *yield* biodiesel yang dihasilkan.

**Kata kunci** : *Continuous Microwave Biodiesel Reactor*, *Transesterifikasi*

### Pendahuluan

Biodiesel yang didefinisikan sebagai mono alkil ester dari asam lemak rantai panjang diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani, dan minyak goreng bekas/jelantah. Akan tetapi, beberapa sumber dari minyak nabati ataupun lemak hewani merupakan bahan yang cukup penting dalam rantai makanan. Jika bahan-bahan seperti ini dialokasikan dalam jumlah yang cukup besar untuk produksi biodiesel, dikhawatirkan akan terjadi krisis pangan. Selain itu, harga bahan baku berupa minyak nabati dan lemak hewani yang mahal menjadi penghambat untuk kelangsungan produksi biodiesel secara komersil dalam jangka panjang (Kulkarni et al., 2010). Salah satu upaya untuk mereduksi harga produksi tersebut adalah menggunakan bahan baku yang lebih murah dan tidak digunakan sebagai bahan makanan, seperti minyak jelantah dan minyak nabati *non-edible*. Minyak jelantah yang mana lebih murah daripada minyak nabati, cukup potensial sebagai alternatif pengganti minyak nabati. Minyak jelantah banyak tersebar di berbagai tempat bahkan di seluruh dunia sebagai limbah yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, minyak jelantah telah mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia, dan bersifat karsinogenik bagi tubuh manusia jika tetap digunakan. Dengan memanfaatkannya sebagai pengganti bahan bakar, maka akan mengurangi masalah lingkungan dan kesehatan, serta memberi keuntungan ekonomis untuk proses produksi biodiesel itu sendiri.

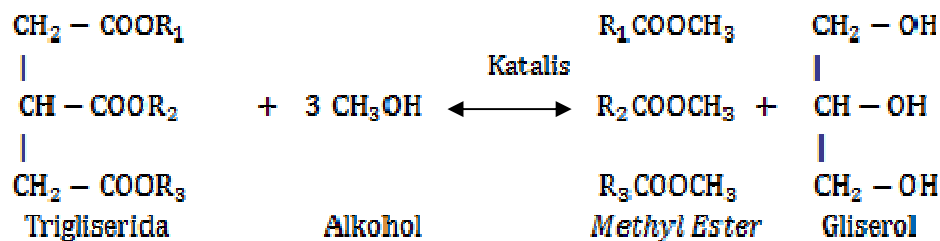
Dari penelitian-penelitian sebelumnya, produksi biodiesel dengan memanfaatkan *microwave* masih menggunakan pengaduk konvensional yang kurang efisien dalam proses pengadukan, dan sebaliknya, produksi biodiesel yang menggunakan *static mixer* membutuhkan waktu reaksi yang lama karena menggunakan pemanas konvensional. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian pembuatan biodiesel berbahan baku minyak jelantah dengan memanfaatkan pemanas *microwave* dan *static mixer* untuk memperoleh *yield* yang optimum dalam waktu yang singkat dan pengadukan yang efisien.

## Studi Pustaka

Biodiesel (*methyl ester*) diproduksi melalui reaksi kimia antara minyak nabati atau lemak hewan dan alkohol. Reaksi ini dibantu oleh katalis dengan produk samping berupa gliserol (Knothe, 2005). Biodiesel berpotensi menggantikan petrodiesel karena memiliki properti fisika dan kimia yang lebih baik. Karakteristik fisika dan kimia tersebut mencakup nilai kalorik, bilangan setana, densitas, viskositas, titik awan, titik tuang, titik nyala, nilai asam, *ash content*, kandungan air dan endapan, kandungan sulfur, gliserin, fosfor, dan stabilitas oksidasi.

Terdapat standar kualitas untuk biodiesel, yang digunakan oleh banyak negara. Beberapa contoh standar tersebut antara lain ASTM 6571, EN 14214, ISO 5165, dan lain-lain. Standar ini menggambarkan karakteristik fisika dan kimia untuk macam-macam biodiesel yang diproduksi (Atabani et al., 2012).

Transesterifikasi merupakan proses kimia yang mereaksikan trigliserida (komponen utama penyusun minyak nabati) dengan alkohol sehingga menghasilkan produk utama berupa *methyl ester* (biodiesel) dan produk samping gliserol (Atabani et al., 2012). Diantara cara-cara ini, transesterifikasi merupakan metode yang biasa digunakan karena menghasilkan kualitas biodiesel yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya (Talebian-Kiakalaie et al., 2012). Berikut ini persamaan umum reaksi transesterifikasi:



## Metodologi Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah faktorial 3x3 (kombinasi perlakuan sebanyak sembilan kali). Parameter yang divariasikan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Desain Percobaan

Percobaan	Sistem Pencampuran	Laju (cm <sup>3</sup> /detik)	Alir	N <sub>Re</sub>	%Yield
1	Tanpa <i>Static Mixer</i>	0,22		2,67	Y1
2		0,33		4,00	Y2
3		0,65		7,88	Y3
4	<i>Static Mixer I</i>	0,22		13,33	Y4
5		0,33		20,00	Y5
6		0,65		39,40	Y6
7	<i>Static Mixer II</i>	0,22		16,00	Y7
8		0,33		24,00	Y8
9		0,65		47,28	Y9

Variabel yang ditetapkan :

1. Perbandingan mol umpan trigliserida : metanol = 1 : 9
2. Konsentrasi katalis = 2% berat minyak
3. Daya = 640 watt

Percobaan dilakukan dengan tiga kondisi: 1) Pencampuran bahan baku tanpa *static mixer*, 2) pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer I*, dan 3)

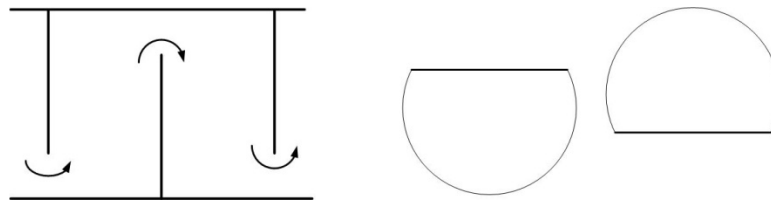
pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer* II. Masing - masing divariasikan dengan tiga laju alir yang berbeda yaitu  $0,22 \text{ cm}^3/\text{detik}$  (waktu tinggal 3 menit);  $0,33 \text{ cm}^3/\text{detik}$  (waktu tinggal 2 menit); dan  $0,65 \text{ cm}^3/\text{detik}$  (waktu tinggal 1 menit).

1) Pencampuran Bahan Baku Tanpa *Static Mixer*

Bahan baku yang terdiri dari minyak jelantah dan metoksida dialirkan kedalam rangkaian pipa kosong (tanpa *static mixer*) menuju CMBR (*Continuous Microwave Biodiesel Reactor*).

2) Pencampuran Bahan Baku Menggunakan *Static Mixer* I

*Static mixer* I terdiri dari serangkaian piring/plate semi-elips yang dimasukkan kedalam pipa aliran CMBR (*Continuous Microwave Biodiesel Reactor*). Piring/plate tersebut terbuat dari lempengan plastik yang dirangkai secara seri (*segmental baffle*) dengan potongan *baffle* 25% dan jarak antar *baffle* 1 cm (100% *inside diameter*). Desain *static mixer* I dapat dilihat pada Gambar 1.

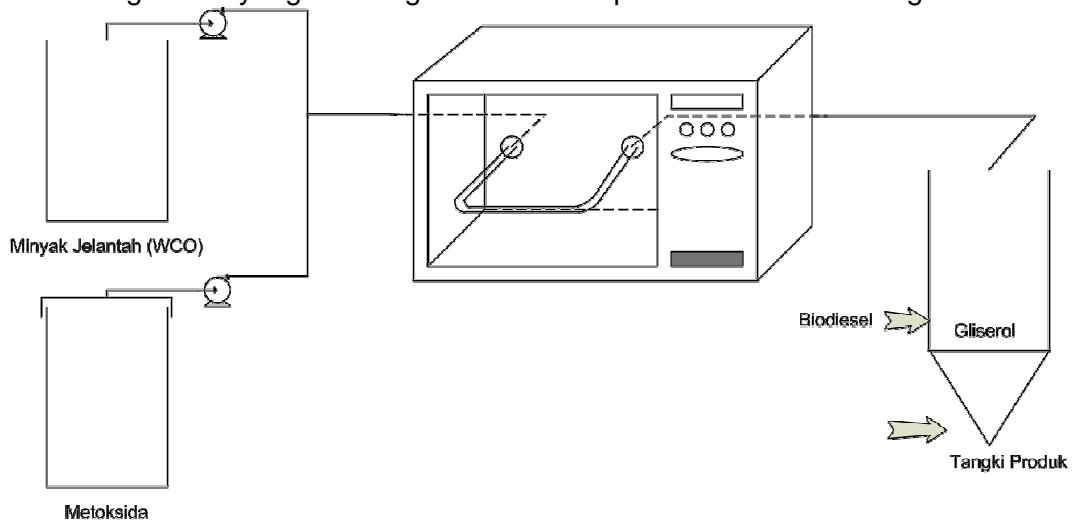


**Gambar 1. Desain *Static Mixer* I**

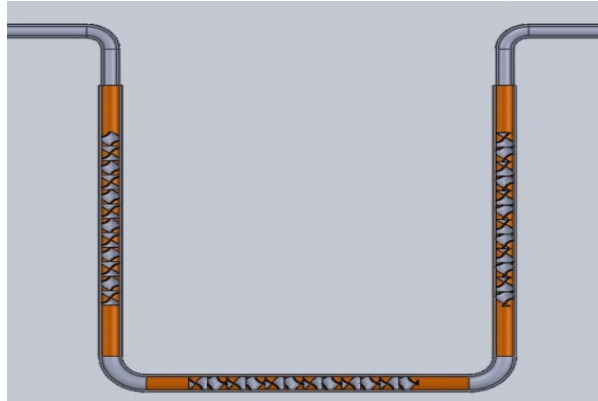
3) Pencampuran Bahan Baku Menggunakan *Static Mixer* II

*Static mixer* II terdiri dari piring/plat semi-elips seperti *static mixer* I, yang membedakan adalah jarak antar *baffle*. Pada *static mixer* II jarak antar *baffle*-nya adalah 0,5 cm (50% *inside diameter*).

Rancangan alat yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

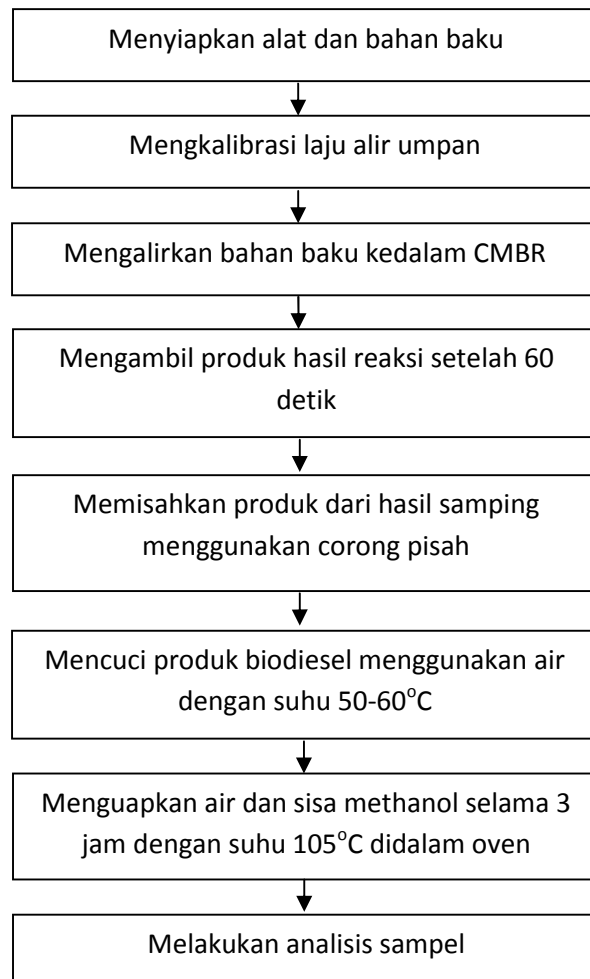


**Gambar 2. Rangkaian Alat CMBR.**



**Gambar 3. Reaktor dengan *static mixer***

Berikut ini skema penelitian yang akan dilakukan:



### **Hasil dan Pembahasan**

Penelitian ini terdiri dari dua tahap proses yaitu proses esterifikasi dan proses transesterifikasi. Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan nilai asam lemak bebas (FFA) dari minyak jelantah yang masih tinggi yaitu sebesar 19,3%, sedangkan proses transesterifikasi bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester. Pada proses esterifikasi, *treatment* yang dilakukan meliputi proses pemanasan bahan baku yang berupa minyak jelantah, methanol dan penambahan katalis  $H_2SO_4$ . Setelah

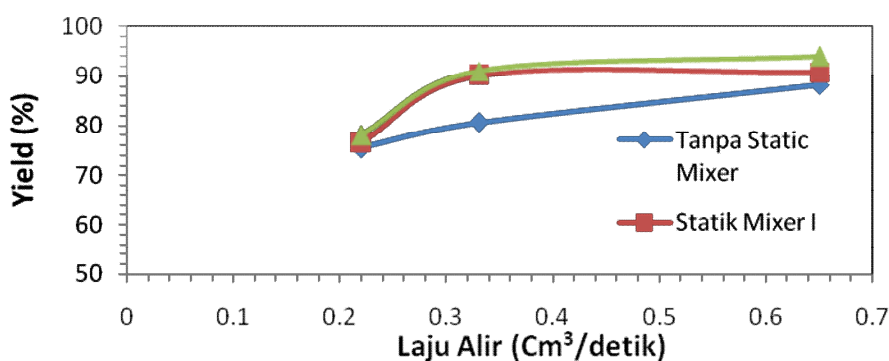
dilakukan *treatment* tersebut, nilai asam lemak bebas (FFA) dari minyak jelantah turun menjadi 0,69 %. Pada tahap kedua, minyak jelantah yang telah di*treatment* dikonversikan menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi kemudian dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui kualitas dari produk biodiesel yang diperoleh. Analisis produk biodiesel meliputi analisis kadar gliserol bebas, kadar gliserol total, angka asam, viskositas dan massa jenis digunakan untuk perbandingan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data hasil penelitian. Data hasil penelitian ini ditampilkan pada tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 2. Perhitungan *yield* pada tiap-tiap run**

Percobaan	Sistem Pencampuran	Waktu Tinggal (detik)	Laju Alir (cm <sup>3</sup> /detik)	N <sub>Re</sub>	%Yield
1	Tanpa <i>Static Mixer</i>	180	0,22	2,67	75,50
2		120	0,33	4,00	80,52
3		60	0,65	7,88	88,23
4	<i>Static Mixer</i> I	180	0,22	13,33	76,56
5		120	0,33	20,00	90,14
6		60	0,65	39,40	90,82
7	<i>Static Mixer</i> II	180	0,22	16,00	78,07
8		120	0,33	24,00	91,00
9		60	0,65	47,28	93,95

Salah satu variabel yang menentukan besarnya *yield* dalam proses pembuatan biodiesel adalah proses pengadukan/pencampuran bahan baku. Penggunaan *static mixer* dalam proses pengadukan bahan baku secara signifikan dapat menaikkan nilai *yield* produk biodiesel. Efisiensi *static mixer* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jarak antar *baffle* dan laju alir. Memperkecil jarak antar *baffle* dan/atau meningkatkan laju alir akan menaikkan turbulensi aliran yang ditandai dengan meningkatkannya N<sub>Re</sub>. Adapun pengaruh dari *static mixer* dan laju alir terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada grafik sebagai berikut.



**Gambar 4. Grafik pengaruh *static mixer* dan laju alir terhadap *yield***

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa *static mixer* sangat berperan dalam berlangsungnya reaksi transesterifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *yield* terendah diperoleh pada percobaan (1) dengan sistem pencampuran bahan baku tanpa *static mixer* dengan laju alir 0,22 cm<sup>3</sup>/detik (waktu tinggal 180 detik) yaitu sebesar 75,50%, sedangkan nilai *yield* tertinggi diperoleh pada percobaan (9) dengan sistem pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer* II (jarak antar *baffle* 50% diameter

dalam pipa) dengan laju alir 0,65 cm<sup>3</sup>/detik (waktu tinggal 60 detik) yaitu sebesar 93,95%. Hasil percobaan dengan sistem pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer* I (jarak antar *baffle* 100% diameter dalam pipa), nilai *yield* tertinggi diperoleh pada percobaan (6) dengan laju alir 0,65 cm<sup>3</sup>/detik (waktu tinggal 60 detik) yaitu sebesar 90,82%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *static mixer* sangat berpengaruh pada *yield* biodiesel yang diperoleh, dan efektifitas *static mixer* akan semakin besar jika jarak antar *baffle* semakin kecil serta laju alir semakin cepat. Hal tersebut dikarenakan proses pencampuran akan semakin baik yang ditandai dengan meningkatnya *reynold number* ( $N_{Re}$ ).

Pada umumnya, diameter *static mixer* sama besarnya dengan diameter pipa proses. Jumlah dan jarak antar elemen/*baffle* pada proses pencampuran dapat di tentukan berdasarkan laju alir, viskositas, densitas, dan perbandingan komponen campuran. Meningkatkan jumlah dan memperkecil jarak antar elemen/*baffle* akan menaikkan efesiensi pencampuran, namun hal tersebut juga akan menaikkan *pressure drop*-nya (Charles Ross and Son Company).

**Tabel 3. Hasil pengujian kualitas biodiesel**

No	Jenis Analisis	Nilai	
		SNI	Penelitian ( <i>Yield</i> tertinggi)
1.	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	2,3-6,0	4,89
2.	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	850-890	857,69
3.	Angka Asam (mg-KOH/g)	Maks 0,8	1,198
4.	Gliserol Total (%b)	Maks 0,24	2,064
5.	Gliserol Bebas (%b)	Maks 0,02	1,041

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Yield* tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada percobaan dengan sistem pencampuran bahan baku menggunakan *static mixer* II dengan variasi laju alir tercepat (0,6 cm<sup>3</sup>/detik) yaitu sebesar 93,95%.
2. Penggunaan *static mixer* pada *Continuous Microwave Biodiesel Reactor* (CMBR) secara signifikan menaikkan *yield* biodiesel.  
Viskositas biodiesel pada *yield* tertinggi dari hasil penelitian ini memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 4,89 mm<sup>2</sup>/s.
3. Massa jenis biodiesel pada *yield* tertinggi dari hasil penelitian ini memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 857,68 kg/m<sup>3</sup>.
4. Nilai angka asam, gliserol total dan gliserol bebas masih belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

### Daftar Pustaka

Atabani, A.E., A.S. Silitonga, H.C. Ong, T.M.I. Mahlia, H.H. Masjuki. 2013. Non-Edible Vegetable Oils: A Critical Evaluation of Oil Extraction, Fatty Acid Compositions, Biodiesel Production, Characteristics, Engine Performance and Emissions Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 18: 211-245.

Charles Ross & Son Company. *Static Mixer Design and Applications*.

Knothe, Gerhard, Jon Van Gerpen, Jurgen Krahl. 2004. *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press, Illinois. U.S.A.

Kulkarni, Mangesh G.dan Ajay K. Dalai. 2006. Waste Cooking Oil- An Economical Source for Biodiesel: A Review. *Ind Eng Chem Res* 45.9: 2901-13.

Patil, Prafulla D., Veera Gnanaswar Gude, Harvind K. Reddy, Tapaswy Muppaneni, Shuguang Deng.2012. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric and Microwave Irradiation Processes.*Journal of Environmental Protection* 3: 107-113.

Talebian-Kiakalaieh, Amin, Nor Aishah Saidina Amin, Hossein Mazaheri.2013. A Review on Novel Processes of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. *Applied Energy* 104: 683-710.