

## Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik

### Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Assisted by Ultrasonic Wave

Sri Wahyu Murni<sup>a\*</sup>, Latifah Nurrahmaningsih<sup>a</sup>, Punden Fitrianti T.<sup>a</sup>, Alex Sandoa<sup>a</sup>, dan Jefry Roy James<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Kimia S1, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK 104 Ringroad Utara Condongcatur Yogyakarta

#### Artikel histori :

Diterima 7 Juni 2018  
Diterima dalam revisi 28 Juni 2018  
Diterima 29 Juni 2018  
Online 30 Juni 2018

**ABSTRAK:** Pada penelitian ini, dipelajari pengaruh dari gelombang ultrasonik terhadap reaksi transesterifikasi dari minyak jelantah menjadi biodiesel. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dilaksanakan dalam dua tahap. Seluruh reaksi dijalankan dengan gelombang ultrasonik berdaya 750 watt dan frekuensi 20 kHz. Tahap pertama adalah proses esterifikasi yang bertujuan mengurangi kandungan asam lemak bebas (FFA) menggunakan katalis asam. Reaksi esterifikasi berlangsung dalam kondisi tertentu. Tahap kedua adalah produksi biodiesel melalui transesterifikasi menggunakan katalis alkali. Parameter yang dipelajari adalah efek dari suhu dan amplitudo terhadap reaksi transesterifikasi. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa kandungan FFA dapat diturunkan menjadi 0,77% menggunakan katalis asam sulfat 1% w/w minyak, rasio methanol terhadap minyak 6:1, dan waktu reaksi 60 menit. Selanjutnya, minyak diubah menjadi biodiesel menggunakan katalis KOH, dan diperoleh konversi sebesar 83% dengan jumlah katalis 1% w/w minyak, rasio methanol terhadap minyak 6:1, frekuensi 20 kHz, amplitudo 50%, suhu 60°C, dan waktu reaksi 40 menit. Biodiesel yang dihasilkan memiliki densitas 879 kg/m<sup>3</sup>, viskositas 5,67 cst, titik nyala 158 °C, titik tuang 16 °C, kandungan air 0,0642%, dan nilai kalori 8521,1 kkal/kg

**Kata Kunci:** amplitudo; biodiesel; transesterifikasi; ultrasonik; minyak jelantah

**ABSTRACT:** In this research, the effect of ultrasonic on the transesterification reaction of waste cooking oil to biodiesel is studied. The biodiesel production from waste cooking oil is conducted in two process stages. All reactions are conducted with the ultrasonic power of 750 watt and frequency of 20 kHz. The first stage is the esterification process that aims to reduce the free fatty acid (FFA) contents using acid catalyst. The esterification reaction is carried out in certain condition. The second stage is the production of biodiesel through transesterification using alkaline catalyst. The parameters being studied are the effect temperature and ultrasonic amplitude to the transesterification reaction. The results shows that the FFA content can be reduced to 0,77% using sulfuric acid catalyst 1% by weight of oil, methanol to oil ratio of 6:1 and a reaction time of 60 minutes. Then, the oil is converted into biodiesel using KOH catalyst. The obtained conversion is 83% with the catalyst amount of 1% by weight of oil, methanol to oil ratio of 6:1, frequency of 20 kHz, amplitude of 50%, temperature of 60°C and reaction time of 40 minutes. The biodiesel has a density of 879 kg /m<sup>3</sup>, 5,67 cst of viscosity, flash point of 158°C, pour point of 16°C, water content 0,0642% and caloric value 8521,1 kkal/kg.

**Keywords:** amplitude; biodiesel; transesterification; ultrasonic; waste cooking oil

#### 1. Pendahuluan (Introduction)

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang diharapkan mampu menanggulangi krisis energi masa kini dan masa mendatang. Produksi biodiesel telah mengalami perkembangan baik dari aspek pencarian bahan baku maupun teknologi untuk meningkatkan konversi sehingga diharapkan diperoleh biodiesel dengan harga yang bersaing. Dari aspek bahan baku; di Indonesia telah

banyak dilakukan penelitian untuk memperoleh sumber-sumber minyak nabati yang produktif di antaranya penggunaan minyak sawit, minyak jarak, minyak nyamplung dan minyak kemiri sunan. Teknologi untuk meningkatkan konversi secara konvensional dilakukan dengan pengadukan mekanis, pencarian katalis yang efektif serta penggunaan *co-solvent* (Mahreni, 2010). Teknologi produksi yang kini banyak diteliti adalah penggunaan bantuan gelombang ultrasonik. Metode ini diharapkan mampu mempercepat reaksi kimia dan mengurangi

\*Corresponding Author: sriwahyumurni@gmail.com

penggunaan katalis (Sarve dkk., 2016). Pada penelitian ini dilakukan produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonik. Pemilihan minyak jelantah sebagai bahan baku adalah dalam rangka mendapatkan bahan baku yang murah serta untuk mengatasi polusi lingkungan. Penggunaan gelombang ultrasonik diharapkan menurunkan biaya produksi biodiesel yang cukup tinggi sehingga harga biodiesel dapat bersaing di pasaran (Badday dkk, 2012).

Gelombang ultrasonik yang merambat dalam cairan mampu membuat molekul terkompresi dan meregang karena tekanan (Nieves-Soto, 2013). Peristiwa ini mampu mempercepat reaksi. Gelombang ultrasonik mampu menghasilkan emulsi dari cairan yang tidak saling bercampur. Karena bahan baku pembuatan biodiesel tidak saling bercampur, maka ultrasonikasi proses transesterifikasi trigliserida dan alkohol sangat menguntungkan (Badday dkk., 2012). Gelombang ultrasonik mampu meningkatkan laju transfer massa cairan yang tidak saling bercampur, sehingga dapat mereduksi waktu reaksi dan meningkatkan *yield*.

Peranan gelombang ultrasonik dalam mempercepat reaksi akan dijelaskan sebagai berikut. Gelombang ultrasonik yang diborpsi medium menyebabkan molekul bergetar. Akibat adanya getaran itu, struktur dari molekul akan meregang dan terkompresi; jarak antar molekul juga akan berubah akibat adanya getaran molekul pada posisi awal. Jika intensitas gelombang ultrasonik ditingkatkan, maka akan dicapai suatu kondisi maksimum saat gaya intramolekul tidak dapat lagi menahan struktur molekul seperti keadaan awalnya. Akibatnya molekul akan pecah dan terbentuklah lubang (*cavity*) yang disebut dengan gelembung kavitasi. Gelombang ultrasonik mengakibatkan pertumbuhan dan hancurnya gelembung mikro sehingga akan menghasilkan suhu dan tekanan yang tinggi. Kavitasi ultrasonik berlangsung tiga tahap, yaitu nukleasi atau pembentukan gelembung, pertumbuhan gelembung, dan pecahnya gelembung (*implosive collapse*). Pada tahap nukleasi atau pembentukan gelembung, inti (nuklei) kavitasi akan dihasilkan dari partikel gelembung mikro yang terperangkap dalam celah-celah mikro dari partikel yang tersuspensi. Pada tahap kedua, gelembung-gelembung mikro akan tumbuh semakin besar akibat adanya intensitas gelombang ultrasonik yang tinggi. Ultrasonikasi yang dilakukan pada intensitas tinggi menyebabkan gelembung mikro akan tumbuh dengan sangat cepat. Sedangkan pada intensitas rendah, laju pertumbuhan gelembung lebih lambat. Tahap ketiga dari kavitasi terjadi apabila intensitas dari gelombang ultrasonik melebihi batas ambang dari kavitasi ultrasonik (20 kHz untuk liquid pada umumnya). Pada tahap ini, gelembung mikro akan terus tumbuh hingga mencapai saat ketika gelembung mikro tidak dapat lagi menyerap energi yang dihasilkan oleh gelombang suara secara efisien dan akhirnya akan pecah. Tahap inilah yang disebut sebagai *catastrophic collapse*. Pecahnya gelembung mikro berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Selama

proses hancurnya gelembung mikro, molekul akan mengalami reaksi (Nieves-Soto, 2013; Badday dkk, 2012).

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh suhu, rasio molar metanol terhadap minyak, dan amplitudo terhadap reaksi transesterifikasi minyak jelantah.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan Baku

Minyak jelantah diperoleh dari limbah rumah tangga daerah Maguwoharjo, Yogyakarta. Bahan pendukung yang digunakan adalah KOH, padat dan metanol 98%. Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk analisis adalah NaOH padat, HCl 1N, asetat anhidrid, natrium asetat ( $C_2H_3NaO_2$ ), Indikator pp 1% dan alkohol 95 %.

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangkaian alat Ultrasonic Processor VCX-series 750 watt, frekuensi 20 kHz, diameter probe 13 mm dan amplitudo maksimum 114  $\mu$ m.

### 2.2 Langkah Kerja

Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonik dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahap esterifikasi dan transesterifikasi. Sebelum dilakukan sintesis, dilakukan *pretreatment* terhadap minyak jelantah untuk menghilangkan pengotor dengan cara disaring dan dipanaskan pada suhu 110°C untuk mengurangi kandungan airnya. Minyak yang telah bersih kemudian diuji kandungan asam lemak bebas, densitas, viskositas dan kadar airnya.

Pada tahap esterifikasi, minyak jelantah direaksikan dengan metanol menggunakan katalis  $H_2SO_4$  pada kondisi tetap yaitu rasio metanol terhadap minyak 6:1, jumlah katalis 1 %-berat minyak, suhu 60°C dan waktu reaksi 1 jam dengan bantuan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz. Hasil esterifikasi dipisahkan antara lapisan fasa minyak di bagian atas dan fasa air di bagian bawah. Produk bagian fasa minyak yang telah dipisahkan, dicuci dengan air dan dianalisis kandungan asam lemak bebasnya. Analisis kandungan asam lemak bebas dilakukan secara titrasi dengan larutan KOH alkoholis.

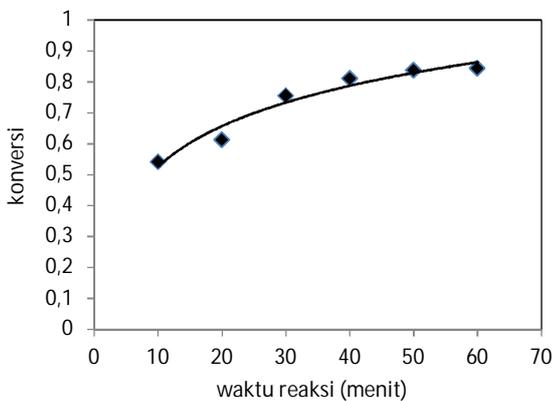
Pada tahap transesterifikasi, minyak jelantah yang telah diturunkan kandungan asam lemak bebasnya direaksikan dengan metanol menggunakan katalis KOH 1% dari berat minyak, dengan rasio molar metanol : minyak bervariasi, suhu 30 dan 60°C, waktu reaksi dan amplitudo bervariasi, pada frekuensi 20 kHz. Gliserol yang terbentuk dianalisis dengan *Acetin methods* (Griffin, 1955) untuk menentukan konversi. Biodiesel yang telah dipisahkan dicuci dengan aquades dan dianalisis sifat fisiknya meliputi berat jenis, viskositas (ASTM D 445-79), *flash point* (ASTM D 93-80), *pour point* (ASTM D 97-66), dan nilai kalor (ASTM D 5865).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Minyak jelantah yang digunakan memiliki kandungan asam lemak bebas sebesar 7,93% dan densitas sebesar 907,5 kg/m<sup>3</sup>. Kandungan asam lemak bebas minyak jelantah lebih besar dari 2%, sehingga harus diturunkan dengan melakukan esterifikasi.

Pada tahap esterifikasi minyak jelantah direaksikan dengan metanol menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi dilakukan dengan menggunakan rasio molar metanol terhadap minyak sebesar 6:1; jumlah katalis 1%-berat minyak dan waktu reaksi 1 jam. Setelah selesai reaksi lapisan ester dan minyak dipisahkan dari larutan berair dan dianalisis kandungan asam lemak bebasnya diperoleh 0,77% (<2%). Hasil ini menunjukkan kadar asam lemak bebas telah mengalami penurunan dan dapat dilakukan transesterifikasi menggunakan katalis basa. Minyak jelantah yang telah diturunkan bilangan asamnya selanjutnya direaksikan dengan metanol menggunakan katalis KOH membentuk biodiesel.

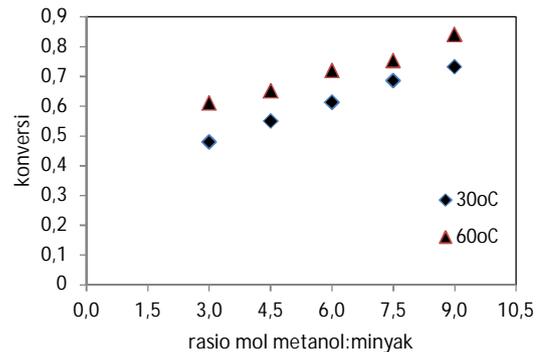
Gambar 1. menunjukkan konversi pada waktu 10 menit telah mencapai 54% meningkat signifikan sampai waktu reaksi 40 menit. Setelah waktu tersebut konversi cenderung mendekati konstan. Pada waktu reaksi 60 menit dicapai konversi sebesar 84,3%. Penelitian Sri Wahyu Murni dkk (2016) dengan metode konvensional mendapatkan hasil konversi 55% pada waktu reaksi 30 menit dan 75,5% pada 90 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik mempercepat terjadinya reaksi dan meningkatkan konversi. Reaksi yang lebih cepat disebabkan oleh meningkatnya transfer massa antara metanol dan minyak akibat dari proses kavitasi.



**Gambar 1.** Konversi minyak jelantah pada rasio metanol: minyak 6:1, suhu reaksi 60°C, katalis 1% KOH dan frekuensi 20 kHz .

Pengaruh rasio mol dan suhu ditunjukkan pada Gambar 2. Dapat diketahui bahwa peningkatan suhu dan rasio molar metanol terhadap minyak menyebabkan konversi meningkat. Pada suhu 30°C dan 60°C dan rasio molar metanol terhadap minyak sebesar 6:1 diperoleh konversi berturut-turut 61,2% dan 71,9%; sementara pada rasio molar metanol terhadap minyak sebesar 9:1 diperoleh konversi berturut-turut sebesar 73, 1% dan 84,81% dalam waktu 20 menit. Hasil-hasil ini sesuai

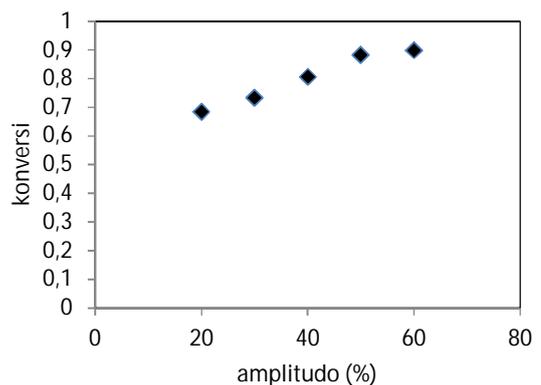
dengan literatur; penelitian Sarve dkk. (2016) serta Dianita (2015) yang menunjukkan kenaikan suhu serta rasio molar metanol terhadap minyak dapat menaikkan konversi. Hal ini karena kenaikan suhu meningkatkan kelarutan metanol dalam minyak yang akan meningkatkan konversi. Selain itu, kenaikan suhu juga meningkatkan tekanan uap, yang akan mempermudah pembentukan gelembung (*bubble*). Kavitas gelembung terbentuk jika uap lebih banyak. Oleh karena itu, konversi pada suhu 60°C lebih tinggi dari pada suhu 30°C. Gelombang ultrasonik juga membantu meningkatkan kelarutan metanol dalam minyak sehingga meningkatkan laju transfer massa.



**Gambar 2.** Konversi minyak jelantah pada suhu reaksi 30 dan 60°C, waktu reaksi 20 menit dan frekuensi 20 kHz.

#### 3.1. Pengaruh Amplitudo

Energi berperan dalam pengadukan dan pemanasan. Semakin besar amplitudo maka energi yang ditransmisikan gelombang ultrasonik makin besar (Sarve, 2016; Larpkittaworn dkk., 2010). Gambar 3 menunjukkan semakin besar amplitudo maka konversi makin meningkat. Pada amplitudo 50% konversi mencapai 88,3% dengan waktu reaksi 40 menit.



**Gambar 3.** Pengaruh amplitudo terhadap konversi minyak jelantah pada suhu reaksi 30°C, waktu reaksi 40 menit dan frekuensi 20 kHz.

#### 3.2. Sifat Fisik Biodiesel dari Minyak Jelantah

Pengujian sifat fisik biodiesel telah dilakukan (Tabel 1.), dan diketahui bahwa parameter berat jenis, viskositas, *flash point*, *pour point* dan nilai kalor biodiesel yang dihasilkan

telah memenuhi standar SNI; sedangkan kadar air belum memenuhi standar SNI. Dari hasil tersebut dapat juga diketahui bahwa proses transesterifikasi menurunkan viskositas minyak jelantah.

**Tabel 1.** Sifat Fisik Minyak Jelantah dan Biodiesel yang dihasilkan

Parameter	Minyak Jelantah	Biodiesel Hasil penelitian	Biodiesel Standar SNI
Berat Jenis pada 40°C (kg/mm <sup>3</sup> )	907,5	879,2	850-890
Viskositas Kinematik pada 40°C (cSt) atau (mm <sup>2</sup> /s)	33,97	5,67	2,3-6
Titik Nyala (°C)	-	158	Min 100
Titik Tuang (°C)	-	16	Maks 18
Kadar Air (%)	0,084	0,0642	Maks 0.05
Nilai Kalor (Kkal/kg)	-	8521,1243	Maks 9938,76

#### 4. Kesimpulan

Proses esterifikasi minyak jelantah menggunakan metanol dengan rasio 6:1 dan katalis asam sulfat 1% selama 60 menit dengan bantuan gelombang ultrasonik 20 kHz menurunkan kandungan asam lemak bebas menjadi 0,77%, sehingga layak dilakukan transesterifikasi. Kondisi yang relatif baik pada tahap transesterifikasi pembuatan biodiesel adalah pada frekuensi 20kHz, amplitudo 50%, jumlah katalis 1% berat dan waktu reaksi 40 menit, diperoleh konversi 83 %. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar SNI, yaitu densitas 875 kg/m<sup>3</sup>, viskositas 5,67 cSt, *flash point* 158°C, *pour point* 16°C dan nilai kalor 8521,1 kkal/kg; namun kadar air (0,0642%) belum memenuhi SNI.

#### Daftar Pustaka

- Badday, A. S., Ahmad Zuhairi Abdullah, Keat Teong Lee, Muataz Sh. Khayoon, 2012, Intensification of biodiesel production via ultrasonic-assisted process: A critical review on fundamentals and recent development, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 16, pp 4574-4587
- Dianita Dini Suprarukmi, bagus Agang Sudrajat, Widayat, 2015, Kinetic Study on Esterification of Oleic Acid with Ultrasound Assisted, *Procedia Environmental Sciences*, 23, pp 78-85

- Groggins, P.H., 1958. *Unit Process in Organic Synthesis*, 5th ed. Pp 775-777., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Griffin, R. C., 1955, *Technical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed, pp 107-110, Mc. Graw-Hill Book Company Inc., New York
- Larpiattawom, S., Chalermchai Jeerapan, Rattikan Tongpan, Siriporn Tongon, 2010, Ultrasonic on transesterification Reaction for Biodiesel Production, *Biomass Asia Workshop*, Jakarta, Indonesia
- Mahreni, 2010, Peluang dan Tantangan Komersialisasi Biodiesel-Review, *Eksergi*, Vol 2 (2), pp 15-26
- Nieves-Soto, Mario, Oscar M. Hernandez-Calderon, Carlos Alberto Guerrero-Fajardo, Marco Antonio Sanchez-Castillo, Tomas Viveros-Garcia dan Ignacio Conteras-Andrade, 2013, *Biodiesel Current Technology: Ultrasonic Process a Realistic Industrial Application*, Intech, hal 177-206, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0> diakses pada 10 januari 2017
- Sarve, Antaram N., Mahesh N. Varma, Shriram S. Sonawane, 2016, Ultrasound Assisted two-stage biodiesel synthesis from non-edible *Schleichera triguga* oil using heterogeneous catalyst: Kinetics and thermodynamic analysis, *Ultrasonic Sonochemistry*, 29, pp 288-298
- Sri Wahyu Murni, Geoshinta Kusumawardani dan Thea Arifin, 2016, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan dengan Proses Dua Tahap, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
- Standar Nasional Indonesia, SNI 04-7182-2006. Diakses dari [www.scribd.com/doc/183769242/SNI-04-7182-2006-Biodiesel-pdf#download](http://www.scribd.com/doc/183769242/SNI-04-7182-2006-Biodiesel-pdf#download) pada 3 April 2017, pukul 20:30 WIB