

## TRANSESTERIFIKASI *IN SITU* BIJI PANDAN LAUT (*Pandanus tectorius*) MENJADI BIODIESEL MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK

### *IN SITU* TRANSESTERIFICATION OF SCREW PINE SEED (*Pandanus tectorius*) TO BIODIESEL USING ULTRASOUND

Mahlinda<sup>1,2)</sup>, M. Dani Supardan<sup>1)</sup>, Husni Husin<sup>1)</sup>, Medyan Riza<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>Program Doktor Ilmu Teknik, Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syech Abdul Rauf 7 Darussalam, Banda Aceh 23111

<sup>2)</sup>Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh  
Jl. Cut Nyak Dhien No. 377, Lamteumen Timur, Banda Aceh 23236

\*E-mail: medyan\_riza@yahoo.com

Makalah: Diterima 17 Mei 2016; Diperbaiki 18 Agustus 2016; Disetujui 30 Agustus 2016

#### ABSTRACT

*Biodiesel is a renewable, biodegradable, environmentally benign and efficient used for substitution fossil fuel. Screw pine seed (Pandanus tectorius) is one of promising material for biodiesel feedstock. The main purpose of this research was to evaluate the process production of biodiesel from screw pine seeds using ultrasound through in situ transesterification. The process was studied at reaction temperature of 45, 55 and 65°C; reaction times of 60, 70, 80 and 90 minutes; methanol to seed ratios of 15:1, 20:1, 25:1 and 30:1 (w/w); KOH catalyst concentrations of 3, 4, 5 and 6 (%-w of seed) for co-solvent (kloroform) to seed ratio of 1:1 (w/w). The experimental results showed that the maximum yield of biodiesel obtained was 86.38% at reaction temperature of 65°C, mass ratio of methanol to seed 25:1 (w/w), 5% of KOH as catalyst and 80 minutes of reaction time. Test results of physicochemical properties showed that viscosity, density and acid value conformed to the SNI 7182-2012 standard. Gas Chromatography-Mass Spectrometry analysis showed that biodiesel consisted of five fatty acid methyl esters of methyl octadec, methyl linoleate, methyl palmitate, methyl stearate and methyl oleate.*

*Keywords: biodiesel, in situ transesterification, screw pine, ultrasound*

#### ABSTRAK

Biodiesel bersifat terbarukan, mudah diurai, ramah lingkungan dan efisien digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Biji pandan laut (*Pandanus tectorius*) merupakan salah satu sumber bahan baku biodiesel yang prospektif untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi biji buah pandan laut sebagai bahan baku alternatif untuk membuat biodiesel melalui proses transesterifikasi. Proses dilakukan secara *in situ* di dalam reaktor *batch* menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 37 kHz. Variabel penelitian yang dipelajari terdiri dari temperatur reaksi 45, 55 dan 65°C; waktu reaksi 60, 70, 80 dan 90 menit; rasio metanol terhadap biji 15:1, 20:1, 25:1 dan 30:1 (g/g) dan jumlah katalis KOH 3, 4, 5 dan 6 (% berat terhadap biji). Rasio kloroform terhadap biji yang digunakan adalah 1:1 (g/g). Hasil penelitian menunjukkan rendemen maksimum yang dapat diperoleh adalah sebesar 86,38% pada suhu reaksi 65°C dengan perbandingan metanol terhadap biji 25:1 (g/g), 5% katalis KOH dan waktu reaksi 80 menit. Hasil pengujian terhadap sifat fisika kimia menunjukkan viskositas, densitas dan bilangan asam biodiesel telah memenuhi standar SNI 7182-2012. Analisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) menunjukkan adanya lima komponen utama asam lemak metil ester pada produk biodiesel yaitu *methyl octadec, methyl linoleate, methyl palmitate, methyl stearate* dan *methyl oleate*.

Kata kunci: biodiesel, transesterifikasi *in situ*, pandan laut, ultrasonik

#### PENDAHULUAN

Penurunan pasokan bahan bakar fosil karena menipisnya cadangan minyak di dalam perut bumi khususnya minyak solar memicu para ilmuwan untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Biodiesel merupakan salah satu alternatif pengganti minyak solar yang dapat digunakan secara langsung ke dalam mesin diesel tanpa memerlukan modifikasi mesin. Biodiesel didefinisikan sebagai campuran ester monoalkil dari

asam lemak rantai panjang yang dalam bahasa Inggris dikenal dengan sebutan *fatty acid methyl ester* (FAME) berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui seperti minyak tumbuh-tumbuhan atau lemak hewani (Demirbas, 2009; Ma dan Hanna, 1999). Biodiesel mempunyai beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan minyak fosil diantaranya dapat diperbaharui, mudah diurai oleh alam (*biodegradable*), menghasilkan emisi lebih rendah, tidak mengandung racun dan bebas sulfur (Martini dan Shell, 1998). Penggunaan biodiesel dapat

memecahkan dua krisis yaitu krisis bahan bakar dan mereduksi kerusakan lingkungan (Refaat, 2010).

Bahan baku biodiesel sebagian besar berasal dari sumber daya yang dapat dikonsumsi oleh manusia seperti kacang kedelai, minyak sawit, minyak zaitun, minyak kemiri dan aneka lemak hewani. Penggunaan sumber bahan baku biodiesel dari golongan *edible food* saat ini sedang dipermasalahkan karena dapat mengganggu pasokan pangan bagi manusia (Srinivasan, 2009). Selain itu, penggunaan *edible food* tersebut tidak menguntungkan lagi karena biaya pembelian bahan baku sangat tinggi mencapai 70 hingga 90% dari total biaya produksi biodiesel, hal ini menyebabkan harga jual biodiesel lebih mahal dari harga solar (Chetri *et al.*, 2008). Para peneliti berusaha untuk mencari sumber-sumber bahan baku biodiesel yang tidak mengganggu pasokan bahan pangan bagi manusia, mudah diperoleh dan murah.

Pandan laut (*pandanus tectorius*) merupakan salah satu tanaman semak yang belum banyak dimanfaatkan dan layak menjadi salah satu sumber bahan baku biodiesel karena mempunyai kandungan asam lemak tinggi mencapai 47,25%. Pandan laut merupakan salah satu jenis tanaman dari keluarga pandan yang banyak tumbuh secara liar di pinggir-pinggir pantai, tanaman ini banyak terdapat di Polynesia, Asia Selatan, Australia bagian tropis, kepulauan Maskar dan Seychell dengan beberapa istilah lain dari tanaman ini seperti *screw pine*, *pandanus*, hala dan puhala (Heyne, 1987). Tanaman pandan laut di Indonesia tumbuh liar di sepanjang pantai utara Jawa, Kepulauan Seribu, Sumatera dan pulau-pulau lainnya (Martinalova, 2004).

Pandan laut masuk dalam jenis tanaman mangrove yang dikategorikan sebagai mangrove ikutan. Pandan laut merupakan pohon atau semak yang tumbuh tegak dapat mencapai ketinggian hingga 3 - 7 m, dalam satu pohon mempunyai beberapa cabang dengan akar tunjang sekitar pangkal batang, memiliki buah majemuk menggantung berbentuk bola. Buahnya keras seperti batu berukuran 2 - 6,5 cm. Buah pandan laut bergerombol dalam tandan yang muncul dari setiap ketiak pelepah daun dengan diameter 4 - 20 cm dan panjang 8 - 30 cm dimana dalam satu tandan umumnya terdapat 38 - 200 buah pandan laut. Tandan yang telah matang adalah tandan yang berwarna merah terang dan mengkilat (Thomson *et al.*, 2006).

Transesterifikasi *in situ* merupakan penyederhanaan dari proses konvensional dengan menghilangkan proses ekstraksi minyak, proses degumming dan proses esterifikasi sehingga proses produksi biodiesel dapat diperpendek dan akan menghemat biaya produksi biodiesel (Daryono, 2013; Samuel dan Dairo, 2012). Transesterifikasi *in situ* mengubah trigliserida yang berasal dari bahan baku nabati dan hewani menjadi biodiesel tanpa perlu mengekstrak dan memurnikannya terlebih

dahulu dimana bahan baku, pelarut dan katalis akan kontak secara langsung di dalam reaktor (Georgogianni *et al.*, 2008; Qian *et al.*, 2008). Pada reaksi transesterifikasi *in situ* proses ekstraksi minyak dan reaksi transesterifikasi bahan baku minyak menjadi biodiesel terjadi secara simultan dalam satu kali proses dimana alkohol berfungsi sebagai pelarut ekstraksi sekaligus sebagai pereaksi (*reagent*) selama proses berlangsung. Ukuran partikel bahan, kadar air dan waktu proses merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi efektifitas proses pembentukan biodiesel (Daryono, 2013).

Intensifikasi proses produksi biodiesel menggunakan gelombang ultrasonik telah dilakukan oleh banyak peneliti diantaranya Ji *et al.* (2006), Wu *et al.* (2007) dan Deshman *et al.* (2009). Penggunaan reaktor ultrasonik untuk pembuatan biodiesel pertama sekali diperkenalkan oleh Hielscher Ultrasonic GmbH pada tahun 2000 menggunakan ultrasonik prosesor yang beroperasi pada rentang frekwensi 18 hingga 20 kHz (Ramachandran *et al.*, 2013). Prinsip kerja gelombang ultrasonik adalah sebagai berikut: ketika gelombang ultrasonik mencapai permukaan suatu benda misalnya cairan akan menimbulkan efek kavitasi yaitu adanya pembentukan, pertumbuhan dan pecahnya gelembung dalam suatu cairan menyebabkan terbentuknya gelembung mikro dalam waktu yang sangat singkat (kurang dari  $1 \times 10^{-7}$  detik) dan ketika gelembung tersebut pecah, akan mengecilkan ukuran *droplet* alkohol (metanol) maupun minyak nabati/hewani menjadi 42% lebih kecil dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari pengaduk konvensional. Hal ini menyebabkan jumlah area antar muka kedua fase reaktan bertambah banyak, sehingga membantu proses pembentukan biodiesel yang lebih cepat (Wu *et al.*, 2007).

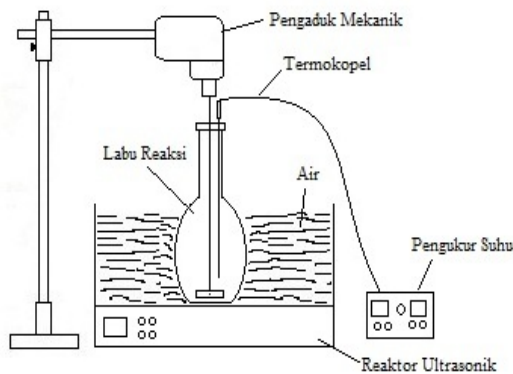
Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biodiesel dari biji pandan laut secara transesterifikasi *in situ* menggunakan gelombang ultrasonik. Variabel proses yang dipelajari adalah rasio berat metanol terhadap biji pandan laut, waktu proses dan jumlah katalis. Rendemen yang dihasilkan metode transesterifikasi *in situ* dibandingkan dengan metode transesterifikasi konvensional. Selain itu, karakteristik biodiesel yang dihasilkan seperti viskositas, densitas dan angka asam diuji sesuai dengan standar SNI 7182-2012.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari biji pandan laut yang dipetik di daerah Ujung Batee Aceh Besar, metanol 97%, kloroform PA (Merck) dan katalis KOH PA (Merck). Peralatan yang digunakan terdiri dari reaktor ultrasonik (Elmasonic E300H) frekuensi 37 kHz, *rotary evaporator* (Laborota 4003), erlenmeyer 500 mL (Pyrex), labu

pemisah 250 mL (Schott), pengaduk mekanik (SciLOGEX OS20S), blender (Sharp SB-TI 172 G) dan oven pengering (Memmert). Sketsa peralatan penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa peralatan ultrasonik

**Prosedur Penelitian**

Biji pandan laut dikumpulkan, disortir dan dikeringkan di dalam oven pengering pada temperatur 60°C selama 48 jam dengan tujuan untuk mengurangi kadar air. Biji pandan laut yang telah dikeringkan dihaluskan menggunakan blender hingga mencapai ukuran 30 mesh. Metanol, kloroform dan katalis dicampur sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan dan dipanaskan terlebih dahulu sesuai dengan temperatur yang telah ditentukan. Selanjutnya 10 g biji pandan laut yang telah dihaluskan ditimbang dan dicampur dengan larutan tersebut dan dilakukan proses transesterifikasi *in situ* menggunakan reaktor ultrasonik selama 60, 70, 80 dan 90 menit pada temperatur proses 45, 55 dan 65°C serta jumlah katalis KOH 3, 4, 5 dan 6% berat terhadap biji. Rasio *co-solvent* kloroform terhadap berat biji pandan laut yang digunakan adalah 1:1 (g/g). Setelah proses transesterifikasi *in situ* selesai, ampas biji pandan laut dipisahkan dengan cara disaring dan cairan berupa campuran biodiesel, metanol dan kloroform dipisahkan menggunakan *rotary evaporator* pada temperatur 70°C. Hasil ekstrak kemudian dimasukkan kedalam labu pemisah dan diendapkan selama 1 – 2 jam untuk memisahkan gliserol dari metil ester. Lapisan gliserol yang terdapat dibagian bawah labu pemisah dibuang, sedangkan biodiesel yang tersisa di dalam labu pemisah dicuci menggunakan air hangat (40°C) sebanyak 2 – 3 kali. Biodiesel kemudian dipanaskan pada temperatur 110°C untuk menghilangkan sisa air

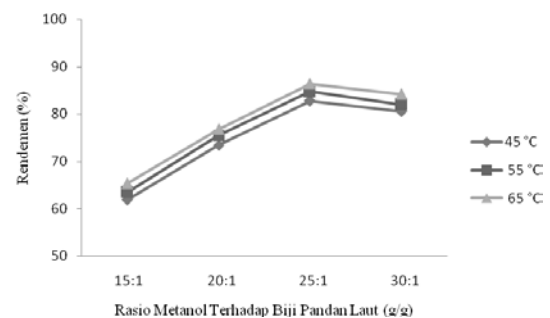
dan metanol. Rendemen biodiesel yang diperoleh dihitung dengan rumus persamaan 1.

Sampel dari produk biodiesel yang diperoleh dilakukan pengujian mutu meliputi uji densitas, viskositas dan angka asam. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan SNI 7182-2012. Produk biodiesel dengan mutu dan rendemen tertinggi dilakukan uji komponen menggunakan *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (GC-MS) QP 2010. Pengujian GC-MS dilakukan menggunakan kolom Rxi-1, panjang kolom 30 mtr, diameter kolom 0,25 mm dan maksimal program temperatur 350 °C. Interpretasi spektrum massa GC-MS dilakukan dengan menggunakan NIST *database*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengaruh Rasio Pelarut Terhadap Rendemen Biodiesel**

Faktor penting yang mempengaruhi rendemen biodiesel pada proses transesterifikasi *in situ* adalah rasio berat pelarut (metanol) terhadap berat bahan baku (biji pandan laut). Perbedaan rasio berat pelarut dan bahan baku mempengaruhi rendemen biodiesel yang dihasilkan. Proses transesterifikasi konvensional umumnya digunakan pelarut sebanyak 3 mol untuk 1 mol bahan baku namun pada proses transesterifikasi secara *in situ* memerlukan pelarut dalam jumlah lebih besar karena pada proses ini metanol mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pelarut dan sebagai *reagent*. Gambar 2 menunjukkan pengaruh rasio metanol dan biji pandan laut terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan pada temperatur (T) 45, 55 dan 65°C, waktu proses 80 menit, 5% katalis (KOH) dan penambahan *co-solvent* (kloroform) 1:1.



Gambar 2. Pengaruh rasio pelarut terhadap rendemen biodiesel

$$\text{Rendemen biodiesel (\%)} = \frac{\text{Berat biodiesel (g)}}{\text{Berat biji pandan laut (g) x Kandungan minyak (\%)}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada rasio metanol terhadap biji pandan laut 15:1, rendemen biodiesel yang dihasilkan masih rendah yaitu sebesar 61,86% (T= 45°C), 63,45% (T= 55°C) dan 65,32% (T= 65°C). Rendemen tertinggi dari hasil penelitian ini diperoleh pada rasio metanol terhadap biji pandan laut 25:1 yaitu mencapai 82,76% (T= 45°C), 84,76% (T= 55°C) dan 86,38% (T= 65°C). Rendemen biodiesel cenderung meningkat dengan bertambahnya temperatur reaksi. Hal ini disebabkan molekul-molekul reaktan akan bergerak lebih cepat dengan bertambahnya temperatur reaksi sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan antar reaktan juga akan semakin besar. Sementara itu, Gambar 2 juga menunjukkan bahwa penambahan rasio metanol terhadap biji pandan laut lebih dari 25:1 menghasilkan rendemen biodiesel yang semakin menurun dari 86,38% menjadi 84,20%. Transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan yang memerlukan metanol sebagai reaktan dalam jumlah tertentu untuk mendorong reaksi ke arah kanan (produk). Namun, rasio metanol yang berlebihan dapat menurunkan rendemen biodiesel karena meningkatnya kelarutan gliserol. Gliserol yang berlebihan di dalam larutan mendorong proses reaksi kembali ke arah kiri sehingga dapat menghambat proses sintesa biodiesel yang selanjutnya menyebabkan rendemen biodiesel menurun (Miao dan Wu, 2006; Barnwal dan Sharma, 2005).

### Pengaruh Waktu Proses Terhadap Rendemen Biodiesel

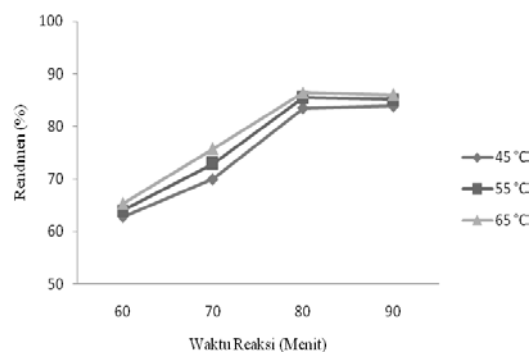
Waktu proses merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi rendemen biodiesel. Rendemen biodiesel tertinggi umumnya di peroleh dengan waktu proses yang berbeda-beda tergantung metode yang digunakan, umumnya antara 1 - 24 jam (Samuel dan Dairo, 2012). Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu proses terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan dengan kondisi proses sebagai berikut: temperatur proses 45, 55 dan 65°C, rasio metanol terhadap berat biji pandan laut 25:1 (g/g), 5% katalis (KOH) dan jumlah *co-solvent* (kloroform) 1:1.

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin panjang waktu proses semakin tinggi rendemen biodiesel yang dapat diperoleh, tetapi ketika waktu proses melebihi 80 menit tidak ada kenaikan signifikan terhadap rendemen biodiesel. Rendemen maksimum adalah sebesar 86,38% diperoleh pada waktu proses 80 menit dan temperatur proses 65°C.

Waktu proses berpengaruh langsung terhadap rendemen biodiesel yang dapat diperoleh. Semakin lama waktu proses, rendemen biodiesel yang dapat diperoleh semakin tinggi, tetapi waktu proses yang berlebihan dari kondisi optimum akan menyebabkan turunnya rendemen biodiesel disebabkan oleh terjadinya reaksi balik (*backward reaction*) dan terbentuknya sabun pada saat proses

berlangsung yang dapat menghalangi proses pembentukan biodiesel sehingga rendemen biodiesel semakin menurun (Ramachandran *et al.*, 2013).

Penggunaan gelombang ultrasonik menghasilkan proses pengadukan yang lebih efisien bila dibandingkan dengan pengadukan konvensional. Gelombang ultrasonik dapat mempercepat proses perpindahan massa diantara dua jenis cairan yang tidak saling melarut. Hal ini menyebabkan laju reaksi menjadi lebih cepat sehingga mengurangi waktu reaksi dan konsumsi energi yang digunakan (Gole dan Gogate, 2012; Deshman *et al.*, 2009).



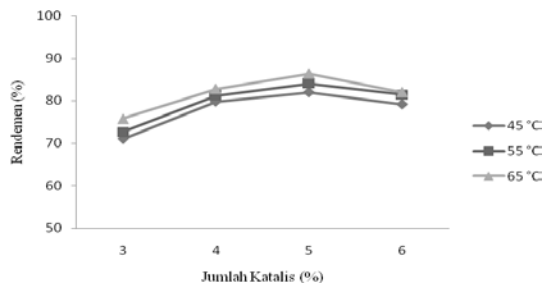
Gambar 3. Pengaruh waktu proses terhadap rendemen biodiesel

### Pengaruh Jumlah Katalis Terhadap Rendemen Biodiesel

Proses transesterifikasi baik konvensional maupun secara *in situ* memerlukan katalis dalam jumlah tertentu untuk mempercepat proses pembentukan biodiesel. Katalis berfungsi untuk memecahkan dinding sel bahan baku sehingga metanol dapat mengakses minyak di dalam inti sel, menyebabkan proses pembentukan biodiesel dapat terjadi lebih cepat (Qian *et al.*, 2008). Proses produksi biodiesel umumnya menggunakan dua jenis katalis yaitu katalis asam dan katalis basa, namun yang banyak digunakan adalah jenis katalis basa berbentuk padat seperti kalium hidrosida (KOH) dan natrium hidrosida (NaOH) karena mempunyai beberapa kelebihan diantaranya harganya lebih murah, mudah disimpan dan dipindah-pindahkan, serta reaksi proses berlangsung lebih cepat (Leung *et al.*, 2010). Pada penelitian ini digunakan katalis padat KOH pada perbandingan 3 – 6% dari jumlah bahan baku yang digunakan. Pengaruh jumlah katalis terhadap rendemen biodiesel disajikan pada Gambar 4 dengan kondisi proses sebagai berikut: temperatur proses 55°C dan 65°C, waktu proses 80 menit, rasio metanol terhadap biji pandan laut 25:1 dan penambahan *co-solvent* (kloroform) 1:1.

Rendemen biodiesel tertinggi sebesar 86,38% diperoleh pada penggunaan katalis 5% dengan temperatur proses 65°C (Gambar 4). Namun, ketika jumlah katalis > 5% rendemen biodiesel menurun hal ini terjadi karena ketika jumlah katalis

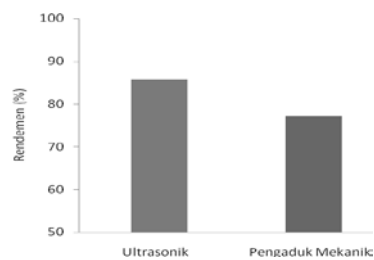
berlebihan akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan dan pembentukan emulsi yang dapat menghalangi reaksi pembentukan biodiesel sehingga rendemen yang di dapat akan menurun (Liu dan Wang, 2013).



Gambar 4. Pengaruh jumlah katalis KOH terhadap rendemen biodiesel

### Pengaruh Gelombang Ultrasonik dan Pengaduk Mekanik Terhadap Rendemen Biodiesel

Penggunaan gelombang ultrasonik dan pengaduk mekanik biasanya menghasilkan rendemen biodiesel yang berbeda, untuk mengetahui perbandingan rendemen biodiesel yang diperoleh menggunakan dua jenis peralatan tersebut, dilakukan proses sintesa biodiesel secara transesterifikasi *in situ* menggunakan kondisi optimum dari penelitian ini yaitu rasio metanol terhadap biji pandan laut 25:1, katalis KOH 5%, temperatur proses 65°C, penambahan co-solvent kloroform 1:1 dan waktu proses 80 menit. Data dari hasil perbandingan ini disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh penggunaan peralatan ultrasonik dan pengaduk mekanik terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan

Data dari Gambar 5 menunjukkan adanya perbedaan rendemen biodiesel yang dihasilkan antara penggunaan gelombang ultrasonik dan pengaduk mekanik dimana rendemen tertinggi di dapat pada penggunaan gelombang ultrasonik yaitu sebesar 85,65% sementara penggunaan pengaduk mekanik hanya menghasilkan rendemen sebesar 77,20% sehingga terdapat perbedaan rendemen antara kedua jenis peralatan ini sebesar 8,45%. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya dimana penggunaan

ultrasonik dapat menyebabkan proses pembentukan biodiesel berlangsung lebih cepat bila dibandingkan dengan proses konvensional menggunakan pengaduk mekanik ( Ji *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2007).

### Hasil Pengujian Mutu Biodiesel

Produk biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi *in situ* menggunakan gelombang ultrasonik pada kondisi optimum sampelnya diambil untuk dilakukan pengujian mutu yang meliputi uji densitas (40°C), viskositas (40°C) dan uji angka asam sesuai dengan standar SNI 7182:2012. Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian produk biodiesel menggunakan gelombang ultrasonik

Parameter Uji	Satuan	Standar SNI	Hasil Uji
Viskositas (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	2,3 – 6,0	4,9
Densitas (40°C)	kg/m <sup>3</sup>	850 – 890	860
Angka Asam	mg-KOH/gr	Mak. 0,6	0,6

Viskositas merupakan salah satu parameter paling penting dalam menentukan keberhasilan pembentukan biodiesel. Viskositas berpengaruh langsung terhadap mekanisme pengabutan bahan bakar di pompa injektor dan mempengaruhi langsung kinerja mesin. Viskositas merupakan kemampuan suatu cairan untuk mengalir pada kondisi gravitasi normal. Semakin tinggi nilai viskositas maka kemampuan suatu cairan untuk mengalir semakin rendah dan sebaliknya (Allen *et al.*, 1999). Viskositas yang tinggi akan menyebabkan proses pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna, meningkatkan pembentukan deposit karbon di dalam mesin dan menyebabkan kerusakan pada pompa injektor bahan bakar (Gutti *et al.*, 2012; Meher *et al.*, 2006). Data pada Tabel 1 menunjukkan nilai viskositas sebesar 4,9 mm<sup>2</sup>/s dan telah memenuhi standar SNI yaitu pada rentang 2,3 – 6,0 mm<sup>2</sup>/s.

Densitas berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian dari biodiesel, nilai densitas digunakan untuk mengukur jumlah bahan bakar di dalam pompa injektor berdasarkan volume. Perbedaan densitas berpengaruh terhadap volume bahan bakar ketika di injeksi dan pembakaran di dalam silinder yang akan berpengaruh langsung terhadap tenaga mesin (Tesfa *et al.*, 2010; Albtikin dan Canakci, 2008). Data pada Tabel 1 menunjukkan nilai densitas sebesar 860 kg/m<sup>3</sup> dan telah memenuhi standar SNI yaitu pada rentang 850 – 890 kg/m<sup>3</sup>.

Angka asam adalah jumlah dari asam lemak bebas yang terkandung di dalam biodiesel yang dipengaruhi dari jenis bahan baku yang digunakan dan tingkat kemurnian biodiesel. Bilangan asam yang tinggi akan menyebabkan korosi dan pembentukan deposit karbon di dalam mesin (Refaat, 2009). Hasil pengujian angka asam menunjukkan angka sebesar 0,6 mg-KOH/gr.

Angka asam pada produk biodiesel ini berada pada nilai maksimum SNI yaitu sebesar 0,6 mg-KOH/g.

### Identifikasi Senyawa Biodiesel yang Dihasilkan Menggunakan GC-MS

Sampel produk biodiesel hasil transesterifikasi *in situ* menggunakan gelombang ultrasonik pada kondisi optimum diambil dan dilakukan pengujian komponen menggunakan GC-MS yang bertujuan untuk mengetahui komponen penyusun biodiesel yang dihasilkan dari biji pandan laut. Hasil identifikasi senyawa produk biodiesel ini disajikan pada Gambar 6, sedangkan komponen penyusun biodiesel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen penyusun biodiesel dari biji pandan

Puncak	R. Time	Area%	Nama Komponen
1	8.888	22,62	Methyl palmitate
2	11.899	23,58	Methyl linoleate
3	12.081	28,59	Methyl octadec
4	12.155	4,83	Methyl oleate
5	12.596	20,75	Methyl stearate

Gambar 6 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa biodiesel dari biji pandan laut mengandung 22,62% *methyl palmitate* (C16:0), 23,58% *methyl linoleate* (C18:2), 28,59% *methyl octadec* (C18:3), 4,83% *methyl oleate* (C18:1) dan 20,75% *methyl stearate* (C18:0). Komponen tersebut merupakan komponen utama penyusun biodiesel.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Proses transesterifikasi *in situ* biodiesel dari biji pandan laut menggunakan bantuan gelombang ultrasonik dapat menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 86,38% dengan waktu proses 80 menit, temperatur 65°C, rasio metanol dan biji pandan laut 25:1, penambahan *co-solvent* (kloroform) 1:1 dan

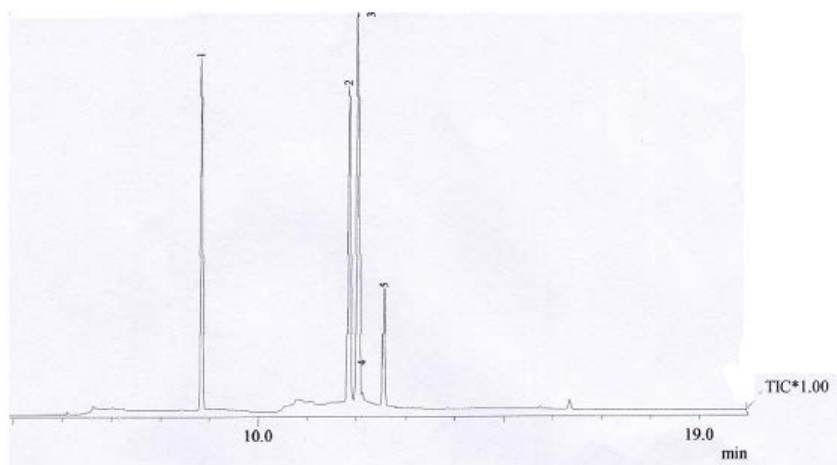
jumlah katalis 5%. Hasil pengujian mutu biodiesel meliputi uji viskositas, densitas dan angka asam menunjukkan semua parameter yang diuji telah memenuhi standar SNI 7182-2012. Hasil pengujian komponen biodiesel yang dihasilkan menggunakan GC-MS mengidentifikasi lima komponen utama penyusun biodiesel yaitu *methyl octadec* (28,59%), *methyl linoleate* (23,58%), *methyl palmitate* (22,62%), *methyl stearate* (20,75%) dan *methyl oleate* (4,83%). Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa biji pandan laut dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif *non edible* untuk memproduksi biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak fosil.

#### Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan kajian tentang proses transesterifikasi *in situ* biji pandan laut pada berbagai kondisi proses dengan penggunaan *solvent*, *co-solvent* dan katalis yang berbeda untuk mendapatkan rendemen biodiesel yang lebih tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Allen CAW, Watts KC, Ackman RG, Pegg MJ. 1999. Predicting the viscosity of biodiesel fuel from their acid ester composition. *Fuel*. 78: 1319-1326.
- Alptekin E dan Canacki M. 2008. Determination of density and the viscosities of biodiesel-diesel fuel blend. *Renew Energ*. 33 (12): 2623-2630.
- Barnwal BK dan Sharma MP. 2005. Prospect of biodiesel production from vegetable oil in India. *Renew Sustain Energ Rev*. 9 (4):363-378.
- Chetri BA, Watts CK, dan Islam RM. 2008. Waste cooking oil as an alternate feedstock for biodiesel production. *Energy*. 1(1):3-18.



Gambar 6. Hasil identifikasi senyawa biodiesel dari biji pandan laut menggunakan GC-MS

- Daryono DE. 2013. Biodiesel dari minyak biji pepaya dengan transesterifikasi *in situ*. *J Tek Kim*. 1(8):7-11.
- Demirbas A. 2009. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energ Conv and Mgmt*. 50(1):14-34.
- Deshman VG, Gogate PR, dan Pandit AB. 2009. Ultrasound-assisted synthesis of biodiesel from palm fatty acid distillate. *Ind Eng Chem Res*. 48(17):7923 – 9727.
- Georgianni KG, Kontominas MG, Pomonis PJ, Avlonitis, Gergis V. 2008. Conventional and *in situ* transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel. *Fuel Process Tech*. 89(5):503-509.
- Gole LV dan Gogate RP. 2012. A review on intensification of synthesis of biodiesel from sustainable feed stock using sonochemical reactors. *Chem Eng Process Proc Intensif*. 53:1-9.
- Gutti B, Shittu S, Bamidele, Bugaje MI. 2012. Biodiesel kinematics viscosity analysis of Balanite aegyptiaca seed oil. *ARPN J Eng Appl Sci*. 4: 432-435.
- Heyne K. 1987. *Tumbuhan berguna Indonesia*. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan RI. 4: 1544 – 1546.
- Ji J, Wang J, Li Y, Yu Y, Xu Z. 2006. Preparation of biodiesel with the help of ultrasonic and hydrodynamic cavitation. *Ultrasonic*. 44 (1): 411-414.
- Leung CYD, Wu X, dan Leung MKH. 2010. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl Energ*. 87 (4): 1083 – 1095.
- Liu K dan Wang R. 2013. Biodiesel production by transesterification of duck oil with methanol in the presence of alkali catalyst. *Petrol and Coal*. 55 (1): 68 – 72.
- Ma F dan Hanna MA. 1999. Biodiesel production: a review. *Biores Technol*. 70 (1): 1-15.
- Martinalova D. 2004. Pemanfaatan kulit buah *Pandanus tectorius* sebagai pewarna. (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Martini N dan Shell JS. 1998. *Plant Oils As Fuels- Present State of Science and Future Development*. Berlin: Springer.
- Meher CL, Sagar VD, dan Naik S. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review. *Renew and Sustain Energ Rev*. 10 (3): 248-268.
- Miao X dan Wu Q. 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalga oil. *Biores Technol* 97 (6): 841-846.
- Qian J, Wang F, Liu S, Yun Z. 2008. *In situ* alkaline transesterification of cottonseed oil for production of biodiesel and nontoxic cotton seed meal. *Biores Technol*. 99 (18): 9009-9012.
- Refaat AA. 2009. Correlation between the chemical structure of biodiesel and its physical properties. *Int Environ Sci Tech*. 6 (4): 677-694.
- Refaat AA. 2010. Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil. *Int Environ Sci Tech*. 7 (1): 183-213.
- Ramachandran K, Suganya N, Gandhi NN, Renganathan S. 2013. Recent developments for biodiesel production by ultrasonic assist transesterification using different heterogenous catalyst: A review. *Renew Sustain Energ Rev*. 22: 410-418.
- Samuel DO dan Dairo UO. 2012. A Critical review of In-situ transesterification process for biodiesel production. *Pac J Sci Tech*. 13 (2): 72-79.
- Srinivasan S. 2009. The food or fuel debate: A nuanced view of incentive structures. *Renew Energy*. 34 (4): 950-954.
- Tesfa B, Mishra R, Gu F, Powles N. 2010. Prediction models for density and viscosity of biodiesel and their effect on fuel supply system in CI engines. *Renew Energy*. 35 (12): 2752-2760.
- Thomson JAL, Englberger L, Guarino L, Thaman RR, Elevitch RC. 2006. *Pandanus tectorius*. Species profile for Pacific island agroforestry. [www.traditionaltree.org](http://www.traditionaltree.org). [14 Maret 2016].
- Wu P, Yang Y, Colucci AJ, Grulke AE. 2007. Effect of ultrasonication on droplet size in biodiesel mixture. *J Am Oil Chem Soc*. 84 (9): 877-884.