

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 163/Teknologi Pertanian

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



JUDUL PENELITIAN:

**KINETIKA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN
METODE TRANSESTERIFIKASI BASA YANG DIPERKUAT
GELOMBANG MIKRO DAN GELOMBANG ULTRASONIK**

Ketua Pengusul:

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P (NIDN.0027056503)

Anggota:

Dr. Ir. Sigit Prabawa, M.P (NIDN. 0012106406)

**UNIVERSITAS LAMPUNG
OKTOBER 2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Kinetika Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Transesterifikasi Basa yang Diperkuat Gelombang Mikro dan Gelombang Ultrasonik

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. Ir. AGUS HARYANTO M.P.
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
NIDN : 0027056503
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Pertanian
Nomor HP : 081379078674
Alamat surel (e-mail) : agusharyid65@gmail.com

Anggota (1)

Nama Lengkap : Dr., Ir., SIGIT PRABAWA M.Si.
NIDN : 0004056402
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 60.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 145.290.000,00

Mengetahui,
Wakil Dekan I

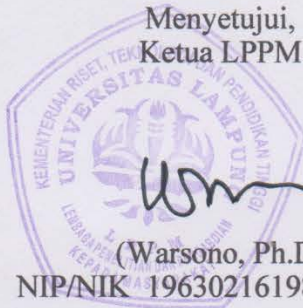


(Prof. Dr. M. Dermiyati, M.Agr.Sc)
NIP/NIK 196308041987032002

Bandar Lampung, 26 - 10 - 2016
Ketua,

(Dr. Ir. AGUS HARYANTO M.P.)
NIP/NIK 196505271993031002

Menyetujui,
Ketua LPPM



(Warsono, Ph.D)
NIP/NIK 196302161987031003

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| RINGKASAN | iv |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan Khusus | 1 |
| 1.3. Urgensi Penelitian | 1 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 2 |
| 2.1. Biodiesel | 2 |
| 2.2. Bahan Baku Biodiesel | 3 |
| 2.3. Sintesis Biodiesel | 4 |
| 2.4. Kinetika Transesterifikasi | 5 |
| 2.5. Aplikasi Gelombang Mikro dan Ultrasonik pada Sintesis Biodiesel | 7 |
| 2.6. Roadmap | 8 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | 9 |
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian | 9 |
| 3.2. Bahan dan Alat | 9 |
| 3.3. Metode Penelitian | 10 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 11 |
| 4.1. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa..... | 11 |
| 4.2. Kinetika Biodiesel Dari Minyak Jelantah..... | 12 |
| 4.3. Kinetika Biodiesel Dengan Gelombang Mikro | 14 |
| 4.3. Pembuatan Biodiesel Dengan Gelombang Mikro | 17 |
| BAB 5. KESIMPULAN | 18 |
| DAFTAR PUSTAKA | 19 |
| LAMPIRAN | 21 |

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Kinetika reaksi transesterifikasi diperlukan untuk memprediksi hasil reaksi pada suatu waktu dan kondisi tertentu. Dua variabel yang digunakan untuk menyusun model kinetika reaksi adalah suhu dan lama reaksi. Oleh karena itu penelitian ini akan menitikberatkan pengaruh kedua variabel tersebut. Variabel penting pembuatan biodiesel lainnya seperti jenis alkohol, jumlah alkohol, jenis katalis, dan jumlah katalis, ditentukan berdasarkan kajian literatur mutakhir. Dalam penelitian ini, minyak jelantah diperoleh dari industri kerupuk yang ada di Bandar Lampung. Minyak jelantah ini diendapkan dan dipisahkan dari partikel padat. Transesterifikasi dilakukan menggunakan pereaksi metanol pada rasio molar terhadap bahan baku 3:1, katalis NaOH 0,5% berat minyak jelantah. Metode penelitian menggunakan rancangan acak dengan tiga kali ulangan.

Pada tahun pertama telah dilakukan penelitian mengenai:

- (1) Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa
- (2) Kinetika transesterifikasi minyak jelantah
- (3) Kinetika transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro
- (4) Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonik

Hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dilakukan pada suhu 60°C dengan perbandingan molar (minyak:methanol) 1:3 hingga 1:6 dan waktu reaksi 15 hingga 60 menit. Rendemen biodiesel dari minyak kelapa bervariasi dari 57,5 hingga 80%. Biodiesel yang dihasilkan berwarna jernih, dan memiliki masa jenis dan viskositas sesuai dengan standar SNI.

Penelitian kinetika transesterifikasi minyak jelantah dilakukan pada perbandingan molar (minyak:methanol) 1:4 dan menghasilkan nilai konstanta laju reaksi $k = 0,003$ pada suhu 30°C, $k = 0,008$ pada suhu 40°C, $k = 0,008$ pada suhu 50°C, $k = 0,010$ pada suhu 60°C. Energi aktivasi pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah diperoleh sebesar 30,69 kJ/mol dan nilai A konstanta frekuensi tumbukan sebesar 737,30/menit.

Penelitian kinetika transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro pada perbandingan molar (minyak:methanol) 1:4 dan menghasilkan nilai konstanta laju reaksi $k = 0,059$ pada suhu 45°C, $k = 0,094$ pada suhu 50°C, dan $k = 0,096$ pada suhu 55°C. Energi aktivasi sebesar 42,4 kJ/mol dan nilai konstanta frekuensi tumbukan A sebesar 9756,2 s⁻¹.

Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonik pada perbandingan molar 1:4 dan waktu reaksi 1 hingga 4 menit. Hasil penelitian menunjukkan rendemen biodiesel rata-rata mencapai 62,54 %. Biodiesel memiliki massa jenis 0,88 g/ml (memenuhi SNI) dan viskositas 4,93 cSt (memenuhi SNI). Faktor suhu dan lama reaksi tidak berpengaruh signifikan. Diduga peralatan penghasil gelombang sudah rusak sehingga perlu pengkajian lebih lanjut.

Keywords: biodiesel, minyak jelantah, kinetika, transesterifikasi, microwave, ultrasonic

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak jelantah memiliki potensi besar untuk diproses menjadi biodiesel. Minyak jelantah memiliki viskositas yang tinggi sehingga untuk mempercepat proses pembuatan biodiesel menggunakan minyak jelantah secara konvensional memerlukan pemanasan dan pengadukan.

Untuk mengatasi ini dapat dilakukan dengan pemberian gelombang ultrasonik maupun gelombang mikro. Gelombang ultrasonik memberikan efek positif pada pembuatan biodiesel. Gelombang ini mampu menghasilkan radikal sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempercepat suatu reaksi. Penggunaan gelombang ultrasonik dalam pembuatan biodiesel juga telah dilaporkan (Ji dkk., 2007; Stavarache, 2005; Singh dkk., 2007).

Upaya lain untuk mereduksi energi dan waktu reaksi adalah dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*). Gelombang ini dapat merambat melewati cairan sehingga proses pemanasan akan berlangsung lebih efektif. Pemanfaatan gelombang mikro di dalam proses produksi biodiesel telah banyak dilakukan (Hernando dkk., 2006; Lin dkk., 2012; Widodo dkk., 2007).

Kinetika reaksi transesterifikasi diperlukan untuk memprediksi hasil reaksi pada suatu waktu dan kondisi tertentu. Kinetika reaksi transesterifikasi minyak jelantah belum diketahui terutama yang terkait dengan aplikasi gelombang ultrasonik dan gelombang mikro. Faktor-faktor yang dapat digunakan untuk menentukan kinetika reaksi antara lain adalah suhu dan lama reaksi.

1.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh suhu dan lama reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan menyusun model kinetika reaksi transesterifikasi konvensional.
- b. Mengetahui pengaruh suhu dan lama reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan menyusun model kinetika reaksi transesterifikasi yang dibantu dengan gelombang mikro.

1.3 Urgensi Penelitian

Persoalan penting dalam penyediaan energi adalah makin menurunnya produksi minyak nasional. Sejak tahun 1998 produksi minyak terus menurun menjadi 1456 ribu barel

per hari pada tahun 2001 dan hanya 1071 ribu barel per hari pada tahun 2006 (British Petroleum, 2008). Kini, Indonesia sudah menjadi negara pengimpor minyak.

Pengembangan biodiesel merupakan salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi. Indonesia memiliki sumber bahan baku biodiesel yang sangat melimpah, yaitu minyak CPO. Minyak jelantah juga memiliki potensi yang besar dan perlu dikembangkan. Pengembangan sumber biodiesel dari limbah dan minyak nabati non edibel merupakan langkah penting.

Minyak jelantah selama ini masih digunakan pada produk makanan, dari menggoreng hingga membuat sambal. Pengembangan biodiesel dari minyak jelantah akan menyediakan pilihan pemanfaatan minyak jelantah secara lebih sehat. Di sisi lain, pengembangan biodiesel dari minyak jelantah dapat mengurangi kebutuhan minyak solar.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biodiesel

Seiring dengan berkurangnya produksi minyak bumi dan dalam rangka mengurangi ketergantungan pada minyak, pemerintah telah mengeluarkan berbagai kebijakan pengembangan sumber energi terbarukan. Berdasarkan Peraturan Presiden nomor 5 (2006), ditargetkan bahwa pada tahun 2025 sumbangan energi terbarukan dalam penyediaan energi nasional adalah 17%. Peraturan Menteri ESDM nomor 32 (2008) menyebutkan bahwa biofuel yang diprioritaskan meliputi biodiesel, bioetanol, dan minyak nabati murni.

Minyak nabati merupakan sumber energi terbarukan karena memiliki nilai energi setara dengan minyak diesel. Penggunaan minyak nabati secara langsung pada mesin akan menimbulkan masalah karena viskositas minyak nabati yang tinggi (hingga 17 kali minyak diesel) dan volatilitas yang rendah. Viskositas minyak nabati dapat diturunkan dengan mereaksikan minyak dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) untuk menghasilkan metil ester yang secara umum dinamakan biodiesel.

Penelitian biodiesel mulai marak sejak tahun 1980-an sebagai akibat adanya perhatian baru terhadap sumber-sumber energi yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan kekhawatiran terhadap makin menurunnya cadangan bahan bakar fosil (Jannaun dan Ellis, 2010). Pengembangan produksi biodiesel di Indonesia memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- 1) Biodiesel dapat diproduksi secara lokal dengan menggunakan bahan baku minyak produk setempat, sehingga mengurangi ketergantungan impor bahan bakar minyak bumi.
- 2) Biodiesel merupakan turunan dari minyak nabati ataupun lemak hewani, sehingga hasil pembakarannya tidak meningkatkan gas rumah kaca (netral CO₂).
- 3) Biodiesel merupakan energi terbarukan.
- 4) Biodiesel bersifat non toksik dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*).
- 5) Pembakaran biodiesel menghasilkan emisi CO, SO₂, dan partikulat lebih rendah dibandingkan dengan emisi dari pembakaran minyak bumi.
- 6) Penggunaan biodiesel tidak membutuhkan modifikasi mesin diesel yang ada.
- 7) Biodiesel memiliki angka setana lebih baik daripada minyak solar (>60) sehingga efisiensi pembakarannya lebih baik.

2.2. Bahan Baku Biodiesel

Salah satu sumber bahan baku pembuatan biodiesel yang menjanjikan adalah limbah minyak jelantah. Seiring dengan meningkatnya konsumsi minyak goreng, maka potensi minyak jelantah juga akan meningkat. Tabel 1 menunjukkan selama tahun 2009 hingga 2013, konsumsi rata-rata minyak goreng Indonesia telah mencapai 10,17 kg per kapita (BPS, 2014).

Tabel 1. Perkembangan konsumsi minyak goreng di Indonesia

| Jenis Minyak Goreng | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | Rata-rata |
|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Minyak kelapa | 1.564 | 2.034 | 1.877 | 1.304 | 1.356 | 1.627 |
| Minyak goreng lainnya | 8.186 | 8.03 | 8.239 | 9.334 | 8.916 | 8.541 |
| JUMLAH | 9.75 | 10.064 | 10.116 | 10.638 | 10.272 | 10.168 |

Sumber: BPS 2014

Minyak jelantah memiliki karakteristik seperti diberikan dalam Tabel 2. Selama ini minyak jelantah masih dimanfaatkan dalam pengolahan bahan makanan. Penggunaan minyak jelantah untuk pengolahan makanan bisa membahayakan kesehatan karena trigliserida yang ada sudah mengalami kerusakan dan bersifat karsinogenik (penyebab kanker). Pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel merupakan salah satu alternatif yang perlu dikaji dalam pemanfaatan minyak jelantah.

Minyak jelantah dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup jika dibuang secara langsung karena memiliki nilai COD tinggi. Pengolahan minyak goreng bekas untuk

keperluan makanan dapat menimbulkan masalah kesehatan karena bersifat karnogenik (menimbulkan penyakit kanker). Sebelumnya kami telah melaporkan bahwa minyak jelantah dapat diproses menjadi biodiesel (Sinaga dkk., 2014) sehingga merupakan pilihan yang tepat.

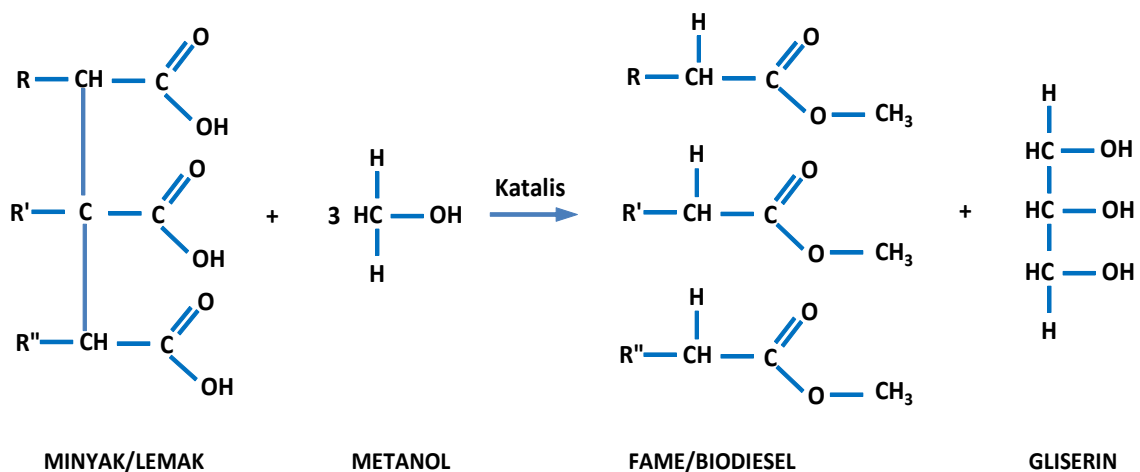
Tabel 2. Karakteristik minyak goreng bekas.

| No | Parameter | Satuan | Nilai |
|----|------------------------|---------|--------|
| 1 | Massa jenis | g/ml | 0,8989 |
| 2 | FFA | % berat | 9,3 |
| 3 | Bilangan Peroksida | Meq/kg | 4,3 |
| 4 | Viskositas (@40°C) | cSt | 46,5 |
| 5 | Stabilitas oksidasi | jam | 23,81 |
| 6 | Komponen glicerida | % | 56,5 |
| 7 | Komponen non glicerida | % | 43,5 |
| 8 | Komposisi asam lemak | % berat | |
| | C14:0 | | 1.3 |
| | C16:0 | | 38.5 |
| | C18:0 | | 5.6 |
| | C18:1 | | 45.7 |
| | C18:2 | | 8.8 |

Sumber : Kheang (2006)

2.3. Sintesis Biodiesel

Secara kimia, biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester yang mengandung oksigen dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 20. Biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisika yang serupa dengan petroleum diesel sehingga dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan petroleum diesel.



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi

Pembuatan biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi (Gambar 1) menggunakan katalis basa (NaOH atau KOH), asam, maupun katalis enzim dengan pereaksi alkohol (etanol atau metanol). Metanol dan NaOH banyak dipilih karena harganya murah.

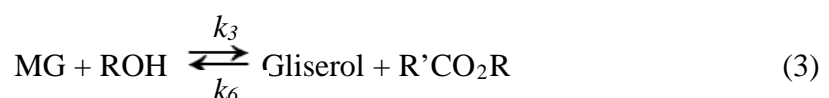
Transesterifikasi menggunakan katalis basa adalah yang paling banyak digunakan karena hanya memerlukan rasio molar alkohol:minyak 6:1 dan sedikit katalis (NaOH atau KOH). Kelemahan reaksi ini adalah adanya reaksi sampingan berupa saponifikasi (penyabunan) yang akan memakan katalis sehingga dapat menurunkan produksi biodiesel, khususnya jika kandungan FFA dalam minyak nabati cukup tinggi.

Proses transesterifikasi dengan katalis asam sesuai untuk minyak yang memiliki kandungan FFA tinggi. Reaksi ini akan berlangsung lambat dan diperlukan rasio molar alkohol:minyak yang tinggi (bisa lebih dari 30:1). Canakci dan van Gerpen (1999) mempelajari produksi biodiesel menggunakan katalis asam sulfat. Konversi ester dilaporkan meningkat dari 87,8% menjadi 95,1% ketika waktu reaksi dinaikkan dari 48 jam hingga 96 jam. Dalam studi lainnya, Crabbe *et al.* (2001) menemukan bahwa transesterifikasi menggunakan 5% H₂SO₄, pada 95°C mencapai konversi ester hingga 99,7% pada rasio molar alkohol:minyak pada 40:1 dan lama reaksi 9 jam.

Penggunaan katalis enzim (misalnya lipase) pada transesterifikasi menghasilkan proses yang bersih tanpa produk samping. Lipase yang di-imobilisasi jauh lebih efektif dibandingkan lipase bebas karena meningkatnya jumlah bagian yang aktif. Dalam proses tiga tahap, Shimada (1999) melaporkan bahwa konversi 98,4% minyak ke biodiesel dapat dicapai.

2.4. Kinetika Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi trigliserida (TG) diyakini terjadi dalam tiga tahap dengan produk antara adalah monogliserida (MG) dan digliserida (DG). Secara parsial, reaksi total transesterifikasi seperti diberikan dalam Gambar 1 dapat dinyatakan sebagai berikut:



Studi mengenai kinetika reaksi meliputi penentuan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil reaksi pada sembarang waktu pada kondisi tertentu. Parameter-parameter itu meliputi konstanta laju reaksi, konstanta keseimbangan dan energi aktivasi. ParaBeberapa penelitian mengenai kinetika transesterifikasi telah dilaporkan (Noureddini dan Zhu 1997; Darnoko dan Cheryan, 2000;).

Model kinetika dapat didasarkan pada reaksi transesterifikasi menyeluruh seperti disajikan oleh Pers. 1. Model kinetika berikut menganggap bahwa transesterifikasi adalah reaksi orde satu dan merupakan fungsi dari konsentrasi non alkil ester (*NAE*) dan suhu reaksi. *NAE* meliputi trigliserida, digliserida, monogliserida, dan asam lemak bebas (*FAA*) yang tidak bereaksi. Kinetika reaksi dapat dirunut dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Laju reaksi} = \text{Rate} = - \frac{d[\text{NAE}]}{dt} \quad (4)$$

$$- \frac{d[\text{NAE}]}{dt} = k [\text{NAE}] \quad (5)$$

Konsentrasi *NAE* pada $t = 0$ adalah $[\text{NAE}_0]$ dan pada $t = t$ adalah $[\text{NAE}_t]$, dimana $[\text{NAE}_0] > [\text{NAE}_t]$. Integrasi Pers. (3) menghasilkan:

$$- \int_{[\text{NAE}_t]}^{[\text{NAE}_0]} \frac{d[\text{NAE}]}{[\text{NAE}]} = k \int_0^t dt \quad (6)$$

Atau

$$- \ln \frac{[\text{NAE}_t]}{[\text{NAE}_0]} = kt \quad (7)$$

Ploting Pers. (5) dengan t sebagai absis dan nilai negatif logaritma alam dari $[\text{NAE}_t]/[\text{NAE}_0]$ sebagai ordinat dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi k pada berbagai suhu. Selanjutnya nilai-nilai konstanta pada suhu yang berbeda-beda ini digunakan untuk menentukan nilai energi aktivasi global (E_a) dari reaksi transesterifikasi dengan memanfaatkan Persamaan Arrhenius:

$$k = A \exp(-E_a/RT) \quad (6)$$

dimana A adalah konstanta, R adalah konstanta gas, dan T adalah suhu mutlak.

2.5. Aplikasi Gelombang Mikro dan Ultrasonik pada Sintesis Biodiesel

Reaksi transesterifikasi minyak jelantah dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya lama waktu reaksi (Yuniawati dan Karim, 2009; Aziz, 2011), suhu (Kwartiningsih dkk., 2007; Aziz, 2011), jenis katalis, dan perbandingan rasio molar trigliserida dengan alkohol (Satriana dkk., 2012). Produksi biodiesel secara konvensional umumnya dilakukan pada suhu tinggi dengan sumber panas eksternal. Perpindahan panas berlangsung kurang efektif karena terjadi secara konduksi dan konveksi. Pemanasan seperti ini memerlukan energi dan waktu yang cukup besar. Selain itu, trigliserida (minyak) dan alkohol tidak bercampur sehingga diperlukan pengadukan mekanis untuk meningkatkan intensitas pencampuran.

Gelombang ultrasonik merupakan getaran dengan frekwensi sekitar 20 kHz dan tidak dapat terdengar oleh telinga manusia. Gelombang ultrasonik pada frekwensi rendah dapat digunakan untuk menghasilkan emulsi dari cairan yang immiscible. Kavitas dinamik gelombang ultrasonik menciptakan lingkungan yang sangat ekstrim dimana suhu dan tekanan lokal sesaat berturut-turut bisa mencapai 10.000 derajat dan 1000 atm (Santos dkk., 2009; Hendee dan Ritenour, 2002). Dalam kondisi yang sangat ekstrim ini dapat tercipta radikal-radikal akibat dekomposisi pelarut, monomer, atau putusnya rantai polimer. Lebih lanjut radikal-radikal ini mampu menginisiasi reaksi kimia (Xia dkk., 2002).

Efek ini dapat dimanfaatkan pada reaksi transesterifikasi. Pemberian gelombang ultrasonik dapat mengurangi energi yang digunakan untuk proses pemanasan dan pengadukan. Karena reaksi dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah maka diharapkan konversi akan lebih tinggi. Pemanfaatan gelombang ultrasonik dalam pembuatan biodiesel belum lama diteliti orang. Ji dkk. (2006) melaporkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik pada pembuatan biodiesel dapat mempercepat reaksi akibat terjadinya emulsifikasi dan kavitas dari sistem campuran cairan-cairan yang immiscible. Stavarache dkk. (2003) juga melaporkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik pada pembuatan biodiesel dari minyak makan jernih mampu mempercepat proses dari 60 menit (dengan pengadukan saja) menjadi hanya 20 menit dengan pemberian gelombang ultrasonic pada frekwensi 40 kHz. Sementara itu Singh dkk. (2007) menemukan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik mampu menghasilkan biodiesel lebih dari 99% dalam waktu jauh lebih singkat (5 menit) dibandingkan proses konvensional (1 jam) menggunakan katalis KOH dalam reaktor batch. Penelitian kami sebelumnya juga menyimpulkan bahwa pemberian gelombang ultrasonik

pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan efek positif yang nyata (Desiyana dkk., 2014).

Gelombang mikro dapat merambat melewati cairan sehingga proses pemanasan akan berlangsung lebih efektif. Pemanfaatan gelombang mikro di dalam proses produksi biodiesel telah banyak dilakukan (Hernando dkk., 2006; Lin dkk., 2012; Widodo dkk., 2007). Derajat pemanasan yang dihasilkan oleh gelombang mikro akan dipengaruhi oleh intensitas daya dan lama pemberian gelombang tersebut (Haryanto dkk., 2015).

2.6. Roadmap

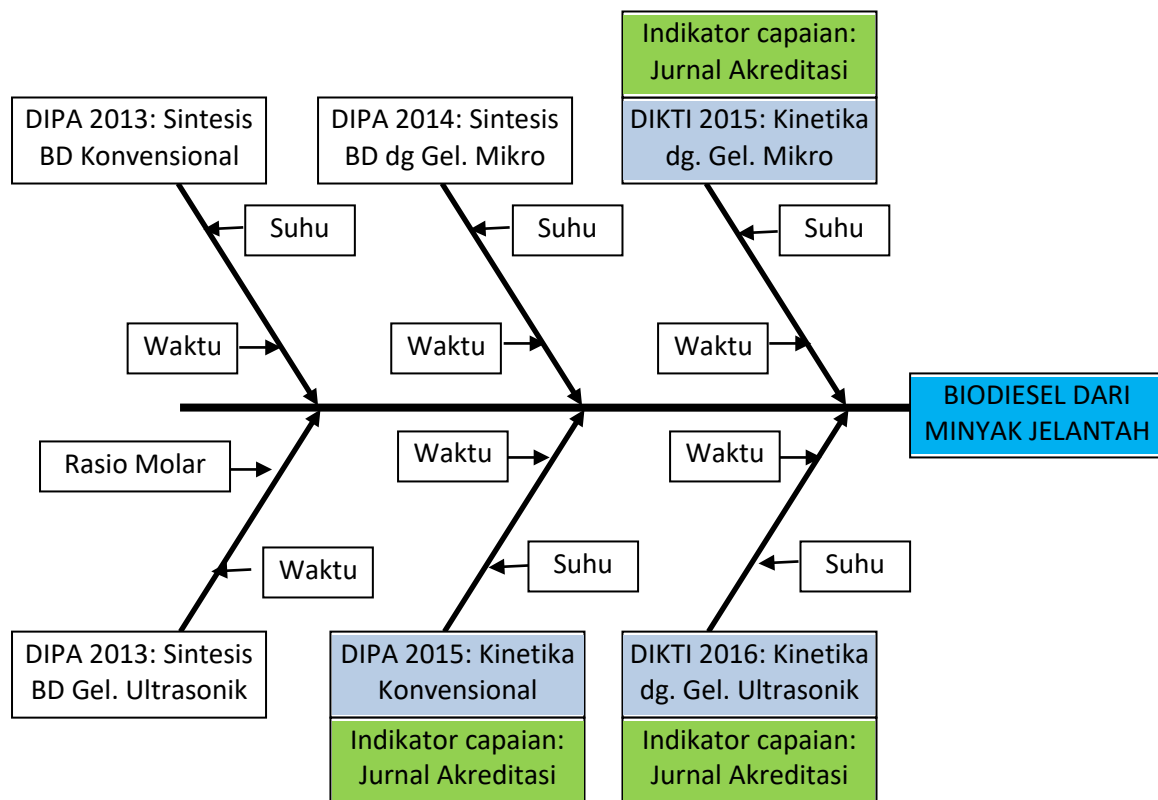
Dalam dua tahun terakhir, pengusul telah melakukan penelitian mengenai biodiesel dari minyak jelantah. Peta jalan (*roadmap*) penelitian biodiesel dari minyak jelantah adalah seperti diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Roadmap penelitian biodiesel dari minyak jelantah

| Tahun | Yang sudah/akan dikerjakan |
|--------------|---|
| 2013 | <i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah</i> (Sinaga, S.V, Haryanto , A., Triyono, S. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. <i>Jurnal Teknik Pertanian Lampung</i> , Vol. 3(1): 27 – 34) |
| 2013 | <i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Ultrasonik</i> (Desiyana, V, Haryanto , A., Hidayati, S. 2014. Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Mutu Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi dengan Gelombang Ultrasonik, <i>Jurnal Teknik Pertanian Lampung</i> , Vol.3(1): 49 – 58) |
| 2014 | <i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Mikro</i> (Haryanto , A., Silviana, U., Triyono, S., Prabawa, S. 2015. Produksi Biodisel Dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro : Pengaruh Intensitas Daya dan Lama Reaksi, <i>Agritech 2015 accepted</i>) |
| 2015 | <i>Kinetika Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Ultrasonik</i> |
| 2016 | <i>Kinetika Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Mikro</i> |
| | <i>Produksi biodiesel dari minyak Jelantah</i> |

BAB 3. METODE PENELITIAN

Sebelumnya, kami telah melakukan sintesis biodiesel menggunakan minyak jelantah, baik secara konvensional (Sinaga dkk., 2014), dengan bantuan gelombang ultrasonic (Desiyana dkk., 2014), dan dengan bantuan gelombang mikro (Haryanto dkk., 2015). Penelitian yang akan dilakukan kali ini memfokuskan pada penyusunan model kinetika reaksi transesterifikasi minyak jelantah. Secara ringkas, diagram alir penelitian diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *fish bone* tahapan penelitian hingga tahun 2016.

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai Maret hingga Oktober di Lab. Rekayasa Bioproses, Jurusan Teknik Pertanian dan Laboratorium Biomass Universitas Lampung. Analisis flash point dan pengukuran heating value biodiesel dilakukan di Lab. Biomasa (Kimia).

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah minyak jelantah (diperoleh dari industri kerupuk terdekat), NaOH metanol, KOH, indikator phenolptelin, alkohol netral dan

bahan kimia untuk analisis. Alat penelitian meliputi peralatan untuk analisis sampel. Peralatan untuk membuat dan analisis biodiesel dalam penelitian ini berikut ketersediaannya terdiri dari labu tiga leher 500 ml, termometer, stirrer-hot plate, motor pengaduk, neraca analitik, peralatan gelas, oven, dan pH meter. Peralatan lainnya adalah seperangkat reaktor, rotor penggerak, microwave 700 W, ultrasonikator, dan alat analisis uji kimia. Ketersediaan peralatan penelitian diberikan dalam Lampiran 2.

3.3. Metode Penelitian

a. Persiapan Minyak Jelantah

Minyak jelantah disaring menggunakan kain kasa dan diendapkan selama 3 hari. Bagian atas dipisahkan dan digunakan sebagai bahan baku.

b. Sintesis biodiesel

Minyak jelantah dikarakterisasi untuk menentukan kadar asam dan banyaknya katalis NaOH yang diperlukan. Selanjutnya transesterifikasi dilakukan menggunakan minyak sebanyak 200 ml dengan rasio molar methanol terhadap minyak 3:1.

Percobaan menggunakan gelombang mikro dilakukan dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Variasi lama reaksi adalah 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Suhu reaksi diukur menggunakan termokopel pada setiap perlakuan waktu reaksi. Untuk transesterifikasi dengan bantuan gelombang ultrasonik (tahun II) variasi suhu dan lama reaksi adalah 30, 40, 50, 60, dan 65 °C dan 5, 10, 15, 30, dan 60 menit.

c. Pengamatan

1. Rendemen

Rendemen dihitung dengan rumus

$$Rendemen = (A/B) \times 100\% \quad (7)$$

di mana *A* adalah masa biodiesel dan *B* adalah masa bahan baku (minyak jelantah).

2. Viskositas

Viskositas diukur menggunakan peralatan falling ball viscometer.

3. Berat Jenis (prosedur analisis AOAC 1995)

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer. Piknometer dibersihkan dengan aquades, lalu di masukkan ke dalam oven yang bersuhu 105 °C selama 2 jam. Pengukuran di lakukan pada suhu ruang. Piknometer ditimbang, lalu bahan dimasukkan

ke dalam piknometer sampai penuh, lalu ditutup, dan sisa bahan yang keluar dilap dengan tisu. Setelah itu piknometer yang berisi bahan ditimbang. Berat jenis (ρ) dihitung dengan:

$$\rho = \frac{mp_1 - mp_0}{Cap} \quad (8)$$

di mana mp_1 adalah masa piknometer yang berisi bahan, mp_0 adalah piknometer kosong, dan Cap adalah kapasitas volume piknometer.

4. Bilangan Asam (prosedur analisis AOAC, 1995)

Bahan ditimbang 10-20 gram di dalam erlenmeyer 200 ml. Ditambahkan 50 ml alkohol netral 95 persen, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. Larutan ini dititar dengan KOH 0.1 N dengan indikator larutan Phenolptalein 1 persen di dalam alkohol, sampai tepat terlihat warna merah jambu. Setelah itu dihitung jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram bahan. Bilangan asam dihitung dengan:

$$Bilangan\ Asam = \frac{A \times N \times 56,1}{G} \quad (10)$$

di mana A adalah jumlah ml KOH untuk titrasi, N adalah normalitas larutan KOH, G adalah bobot contoh (gram), dan 56,1 adalah bobot molekul KOH

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa

Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dilakukan pada suhu 60°C dengan perbandingan molar (minyak:methanol) 1:3 hingga 1:6 dan waktu reaksi 15 hingga 60 menit. Hasil penelitian diberikan pada Tabel 4-1. Rendemen biodiesel dari minyak kelapa bervariasi dari 57,5 hingga 80%. Faktor waktu reaksi berpengaruh terhadap rendemen biodiesel, sedangkan factor perbandingan molar tidak berpengaruh signifikan.

Biodiesel yang dihasilkan berwarna jernih, dan memiliki masa jenis dan viskositas sesuai dengan standar SNI. Masa jenis biodiesel berkisar dari 0,863 hingga 0,872 kg/L. Hal ini tidak jauh berbeda dari biodiesel yang dihasilkan menggunakan bahan lain seperti diberikan pada Tabel 4-2).

Biodiesel dari minyak kelapa memiliki viskositas antara 3,30 hingga 4,09 cSt (sesuai SNI). Angka ini sedikit lebih rendah dari biodiesel yang dihasilkan dari bahan lain, yaitu biji sawit (4,55 cSt), jarak pagar (4,7 cSt), dan biji karet (4,86 cSt).

Tabel 4-1. Rata-rata rendemen dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan dengan kombinasi faktor jumlah mol dan waktu reaksi (suhu reaksi 60°C)

| Rasio Mol | Waktu Reaksi (Menit) | Rendemen (%) | Massa Jenis (gram/ml) | Viskositas (cSt) |
|-----------|----------------------|--------------|-----------------------|------------------|
| 1:3 | 15 | 60,06 | 0,87 | 4,33 |
| 1:3 | 30 | 60,06 | 0,87 | 4,01 |
| 1:3 | 60 | 66,60 | 0,87 | 3,94 |
| 1:4 | 15 | 57,74 | 0,86 | 3,63 |
| 1:4 | 30 | 72,31 | 0,86 | 3,39 |
| 1:4 | 60 | 77,24 | 0,86 | 3,40 |
| 1:5 | 15 | 57,47 | 0,86 | 3,53 |
| 1:5 | 30 | 66,71 | 0,86 | 3,62 |
| 1:5 | 60 | 78,36 | 0,86 | 3,24 |
| 1:6 | 15 | 65,82 | 0,86 | 3,38 |
| 1:6 | 30 | 72,26 | 0,86 | 3,13 |
| 1:6 | 60 | 80,06 | 0,86 | 3,40 |

Tabel 4-2. Rata-rata Massa Jenis Biodiesel

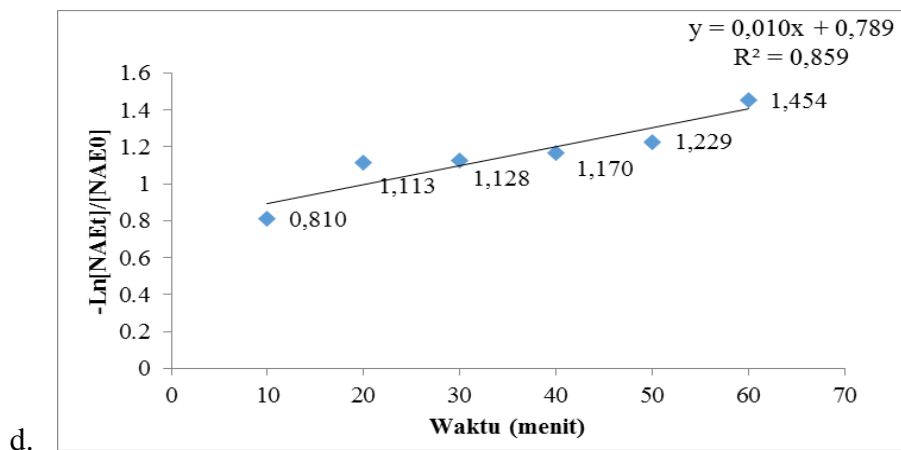
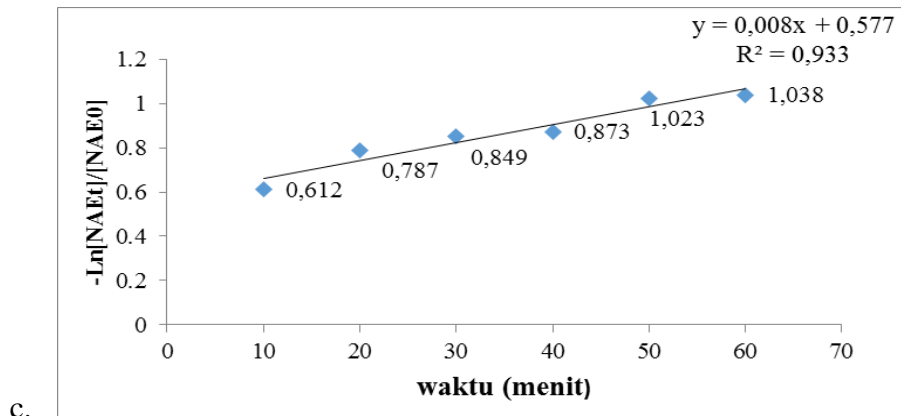
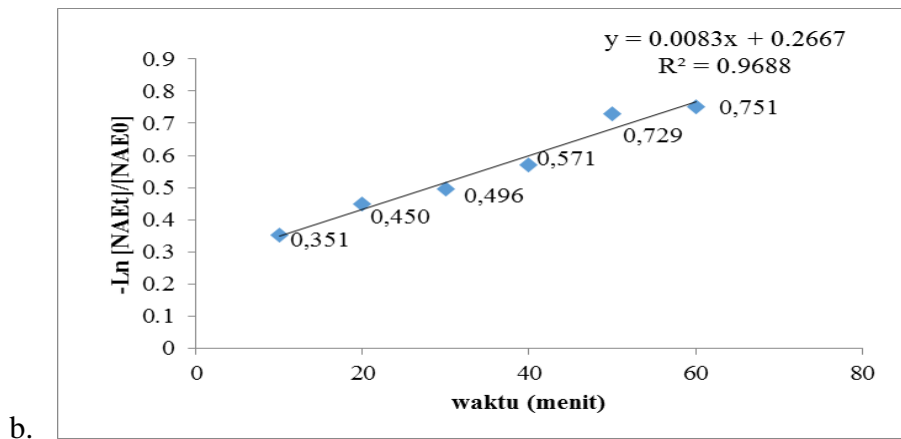
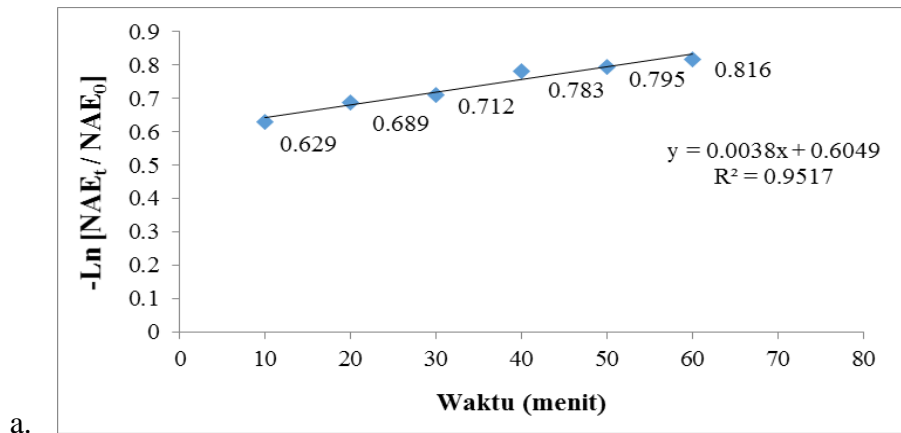
| Rasio Mol | Waktu Reaksi (Menit) | | | Rata-rata |
|-----------|----------------------|-------|-------|-----------|
| | 15 | 30 | 60 | |
| 1:3 | 0,873 | 0,873 | 0,871 | 0,872 |
| 1:4 | 0,867 | 0,867 | 0,865 | 0,866 |
| 1:5 | 0,867 | 0,868 | 0,864 | 0,866 |
| 1:6 | 0,865 | 0,863 | 0,862 | 0,863 |

4.2. Kinetika biodiesel dari minyak jelantah

Kinetika transesterifikasi minyak jelantah dilakukan pada suhu 30°C hingga 60°C dan waktu reaksi 10 hingga 60 menit. Konstanta laju reaksi (k) diperoleh dari plot $-\ln([NAE_t]/[NAE_0])$ versus t . Hasil plotting diberikan pada Gambar 5-1 dan nilai k diberikan pada Tabel 4-3.

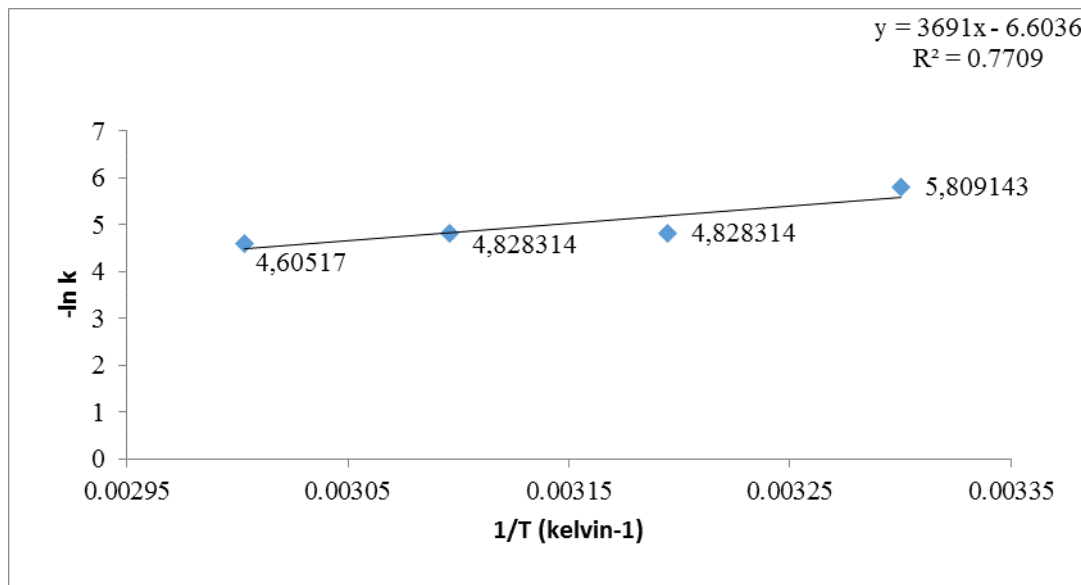
Tabel 4-3. Nilai k dan $\ln K$ pada berbagai suhu reaksi $1/T$

| Suhu | 1/T | nilai k | $\ln k$ |
|------|----------|-----------|----------|
| 30 | 0,0033 | 0,003 | 5,809143 |
| 40 | 0,003195 | 0,008 | 4,828314 |
| 50 | 0,003096 | 0,008 | 4,828314 |
| 60 | 0,003003 | 0,01 | 4,60517 |



Gambar 4-1. Ploting $-\ln([NAE_t]/[NAE_0])$ versus t dan nilai konstanta

Berdasarkan Tabel 4-3, maka nilai energi aktivasi E_a adalah 10390,84 J/mol yang diperoleh dari Gambar 4-2.



Gambar 4-2. Plot $-\ln k$ versus $1/T$ untuk menghitung nilai energi aktivasi E_a .

4.3. Kinetika biodiesel dengan Gelombang Mikro

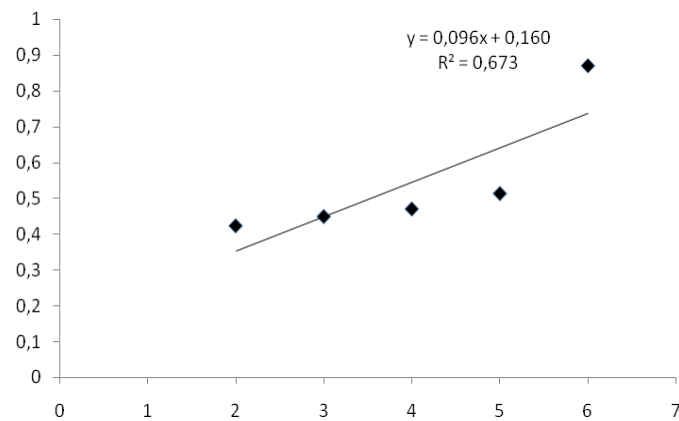
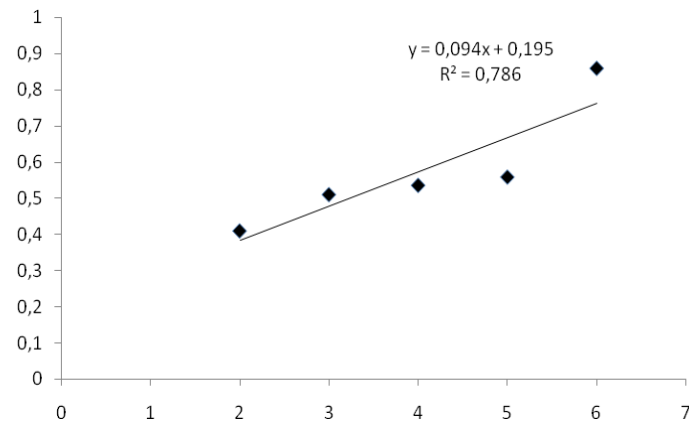
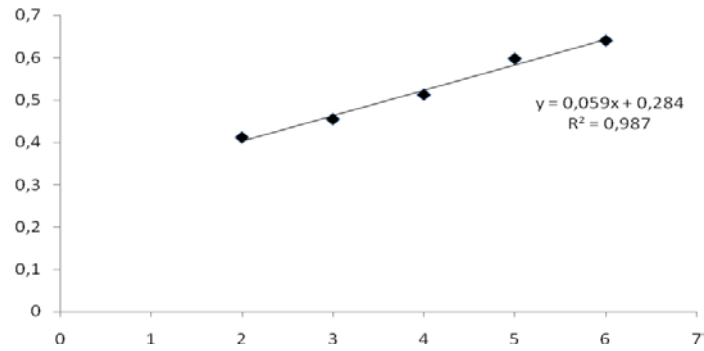
Hasil penelitian kinetika biodiesel dengan bantuan gelombang mikro disajikan pada Tabel 4-4 dan Gambar 4-3 dan Gambar 4-4.

Tabel 4-4. Data rendemen biodisel

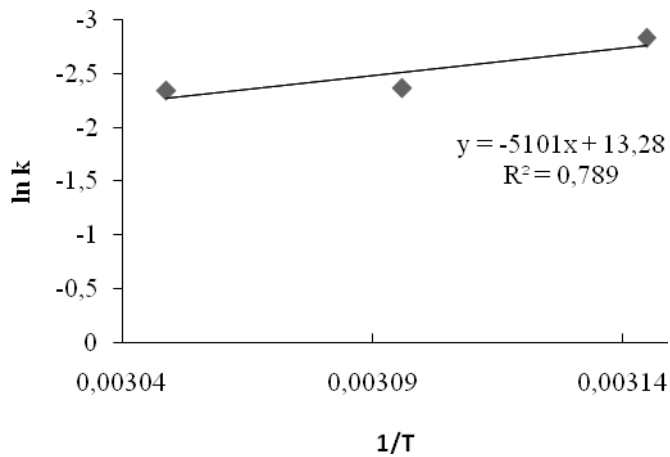
| Suhu | Waktu (Menit) | Rendemen (%) | $-\ln \frac{[uME_t]}{[uME_0]} = -\ln(1 - \text{Rendemen})$ |
|------|---------------|--------------|--|
| 45°C | 2 | 33,44 | 0,41 |
| | 3 | 33,45 | 0,45 |
| | 4 | 38,15 | 0,51 |
| | 5 | 47,78 | 0,59 |
| | 6 | 54,82 | 0,63 |
| 50°C | 2 | 38,29 | 0,40 |
| | 3 | 42,84 | 0,50 |
| | 4 | 44,95 | 0,53 |
| | 5 | 47,84 | 0,55 |
| | 6 | 57,23 | 0,85 |
| 55°C | 2 | 34,40 | 0,42 |
| | 3 | 35,33 | 0,44 |
| | 4 | 36,34 | 0,46 |
| | 5 | 45,65 | 0,51 |
| | 6 | 66,77 | 0,87 |

Tabel 4-5. Hubungan suhu dan konstanta laju reaksi

| Suhu T (°C) | $1/T$ (K ⁻¹) | k per menit | $\ln k$ |
|------------------|-----------------------------|---------------|---------|
| 45 | 0,003143 | 0,059 | -2,83 |
| 50 | 0,003095 | 0,094 | -2,36 |
| 55 | 0,003047 | 0,096 | -2,34 |



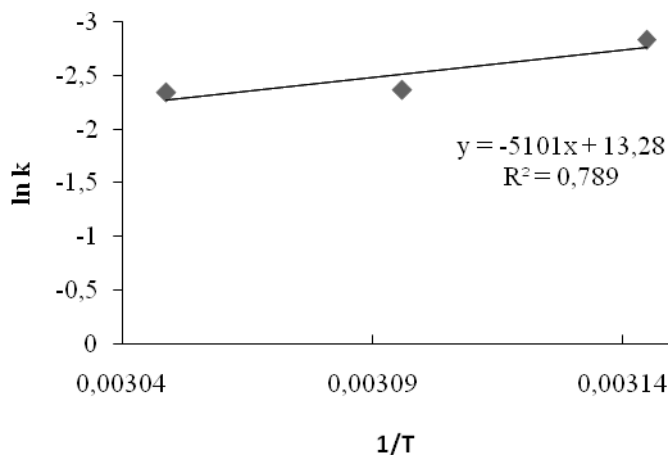
Gambar 2. Grafik hubungan waktu dan $-\ln [uME_t/uME_0]$ pada suhu 45 °C (atas), 50 °C (tengah) dan 55 °C (bawah).



Gambar 3. Grafik hubungan $1/T$ dengan $\ln(k)$

Energi aktivasi (E_a) dapat diperoleh dengan membuat plot antara $1/T$ sebagai absis versus $\ln(k)$ sebagai ordinat. Dalam hal ini slope garis linear adalah nilai dari E_a/R . Dari Tabel 3, kita dapat membuat plot tersebut sebagai mana diberikan pada Gambar 3 sehingga dapat digunakan untuk menentukan harga setiap parameter pada model kinetika yang diusulkan. Dari Gambar 3, diperoleh persamaan matematis sebagai berikut :

$$\ln k = 13,28 - 5101\left(\frac{1}{T}\right)$$



Gambar 3. Grafik hubungan $1/T$ dengan $\ln(k)$

Dengan mensubsitusikan persamaan di atas pada persamaan sebelumnya, diperoleh nilai E_a yaitu 42,41 kJ/mol dan A yaitu 9756,17 s⁻¹. Oleh karena itu persamaan kinetika yang dihasilkan dapat disajikan sebagai:

$$k = 9756,17e^{42,41/RT} \quad (8)$$

Energi aktivasi yang didapatkan dari penelitian ini cukup besar apabila dibandingkan dengan energi aktivasi pembuatan biodiesel menggunakan bahan baku minyak dan sistem pemanasan yang berbeda seperti diberikan pada Tabel 4. Hal ini mungkin disebabkan karena pada saat memulai reaksi minyak tidak dipanaskan terlebih dulu kesuhu yang dikehendaki, melainkan dimulai dari suhu yang paling rendah (suhu ruangan). Oleh sebab itu pada saat reaksi membutuhkan energi yang cukup besar untuk memulai terjadinya reaksi.

4.4. Pembuatan Biodiesel dengan Gelombang Ultrasonik

Dari hasil analisis ragam dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ menunjukkan bahwa faktor suhu reaksi dan faktor waktu reaksi serta interaksi dari kedua faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Tabel 4-6 menunjukkan hasil analisis sidik ragam untuk rendemen biodiesel. (Analisis sidik ragam untuk massa jenis dan viskositas tidak ditampilkan). Hasil penelitian yang dilakukan memperoleh rendemen rata-rata biodiesel sebesar 62,54% dalam kisaran 41 – 76%.

Tabel 2. Analisis ragam rendemen biodiesel

| Sumber Keseragaman | Db | JK | KT | F Hit | P Value |
|--------------------------|----|---------|-------|-------|---------|
| Suhu Reaksi (T) | 3 | 161.56 | 53.85 | 0.88 | 0.46 |
| Waktu Reaksi (t) | 3 | 99.64 | 33.21 | 0.54 | 0.66 |
| Suhu Reaksi*Waktu Reaksi | 9 | 538.00 | 59.78 | 0.97 | 0.48 |
| Galat | 32 | 1965.00 | 61.41 | | |
| Total | 47 | 2764.20 | | | |

BAB 5. KESIMPULAN

Penelitian kinetika transesterifikasi minyak jelantah dilakukan pada perbandingan molar (minyak:methanol) 1:4 dan menghasilkan nilai konstanta laju reaksi $k = 0,003$ pada suhu 30°C , $k = 0,008$ pada suhu 40°C , $k = 0,008$ pada suhu 50°C , $k = 0,010$ pada suhu 60°C . Energi aktivasi pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah diperoleh sebesar $30688,72 \text{ j/mol}$ dan nilai A konstanta frekuensi tumbukan sebesar $737,30$.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, I. 2011. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Valensi* **1**: 19–23.
- BPS, 2014. *Survei Sosial Ekonomi Nasional 2009 – 2013*.
- British Petroleum, 2010, BP Statistical Review of World Energy June 2010. Tersedia online di <http://www.bp.com/statisticalreview>. (akses September 15, 2011)
- Canakci M. dan Gerpen JV. 1999. Biodiesel production via acid catalysis. *Transactions of the ASAE* Vol. **42**(5): 1203-1210.
- Crabbe E, Nolasco-Hipolito C, Kobayashi G, Sonomoto K, Ishizaki A. 2001. Biodiesel production from crude palm oil dan evaluation of butanol extraction dan fuel properties. *Process Biochemistry* **37**: 65-71.
- Darnoko D dan Cheryan. 2000. Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor. *JAOCs.*, **77**(12): 1263–1267.
- Desiyana V., Haryanto A., Hidayati S. 2014. Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Mutu Biodisel Melalui Reaksi Transesterifikasi dengan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Vol. **3**(1): 49 – 58.
- Haryanto A., Silviana U., Triyono S., Prabawa S. 2015. Produksi Biodisel Dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro : Pengaruh Intensitas Daya dan Lama Reaksi, *Agritech 2015 accepted*
- Hendee WR, Ritenour ER. 2002. *Medical Imaging Physics*, 4th Ed., Wiley-Liss, Inc.
- Hernando J., Leton P., Matia MP., Novella JL. dan Alvarez-Builla J. 2006. Biodisel and FAME Synthesis Assisted by Microwaves : Homogeneous Batch and Flow Process. *Fuel* **86**: 1641–1644.
- Janaun J dan Ellis N. 2010. Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. *Renewable dan Sustainable Energy Reviews* **14**: 1312–1320.
- Ji J, Wang J, Li Y, Yu Y, Xu Z. 2006. Preparation of biodiesel with the help of ultrasonic dan hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics* **44**: e411–e414
- Kheang LC, May CY, Foon CS, dan Ngan MA. 2006. Recovery and Conversion of Palm Olein-Derived Used Frying Oil to Methyl Esters for Biodiesel. *Journal of Oil Palm Research* **18**: 247–252.
- Kwartiningsih E., Setyawardhani DA., Widyawati ED., dan Adi WK. 2007. Pengaruh Temperatur terhadap Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah Menjadi Biodisel (Ditinjau sebagai Reaksi Homogen). *Jurnal Ekuilibrium* **6**(2): 71–74.

- Lin YC, Lin JF, Hsiao YH and Hsu KH. 2012. Soybean Oil Biodiesel Production Assisted a Microwave System and Sodium Methoxide Catalyst. *Sustainable Environment Research* **22(4)**: 247–254.
- Noureddini H dan Zhu D. 1997. Kinetics of transesterification of soybean oil. *JAOCS.*, **74(11)**: 1457–1463.
- Santos HM, Lodeiro C, Capelo-Martinez J-L. 2009. The Power of Ultrasound. In: *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications* (Editor J-L. Capelo-Martínez). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pp. 1-16.
- Satriana NE, Husna, Desrina, dan Supardan MD. 2012. Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Teknik Kavitas Hidrodinamik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian* **4(2)**: 15–20.
- Shimada Y, Watanabe Y, Samukawa T, Sugihara A, Noda H, Fukuda H, dan Tominaga Y. 1999. Conversion of vegetable oil to biodiesel using immobilized *Candida antarctica* lipase. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **76**: 789-793
- Sinaga SV, **Haryanto** A., Triyono S. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Vol. 3(1): 27 – 34)
- Singh AK, Fernando S, Hernandez R. 2007. Base-Catalyzed Fast Transesterification of Soybean Oil Using Ultrasonication. *Energy & Fuels* **21**: 1161-1164
- Stavarache C, Vinatoru M, Nishimura R, Maeda Y. 2003. Conversion of Vegetable Oil to Biodiesel Using Ultrasonic Irradiation. *Chemistry Letters*, **32(8)**: 716-717.
- Stavarache C, Vinatoru M, Nishimura R, Maeda Y. 2005. Fatty acids methyl esters from vegetable oil by means of ultrasonic energy. *Ultrasonics Sonochemistry* **12**: 367-372.
- Widodo CS., Nurhuda M, Aslama A, Hexa A, dan Rahman S. 2007. Studi Penggunaan *Microwave* pada Proses Transesterifikasi Secara Kontinyu untuk Menghasilkan Biodiesel. *Jurnal Teknik Mesin* **9(2)**: 54–58.
- Xia H, Wang Q, Liao Y, Xu X, Baxter SM, Slone RV, Wu S, Swift G., Westmoreland DG. 2002. Polymerization rate and mechanism of ultrasonically initiated emulsion polymerization of n-butyl acrylate. *Ultrasonics Sonochemistry* **9**: 151–158
- Yuniawati M dan Karim AA. 2009. Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalis KOH. *Jurnal Teknologi* **2(2)**: 130–13.

LAMPIRAN:



Nomor : 305/SK-JTEP/10/2016
Lampiran : -
Perihal : Pemberitahuan Penerimaan Makalah

Bogor, 11 Oktober 2016

Kepada Yth.
Dr.Ir. Agus Haryanto, M.P
Universitas Lampung

Dengan Hormat,

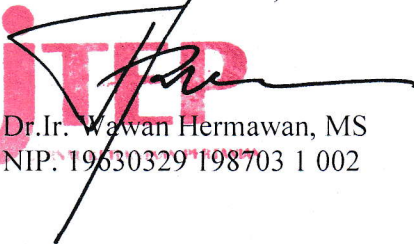
Dewan Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian telah menerima makalah saudara yang berjudul :

**Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi
Transesterifikasi Basa**

Makalah tersebut telah dinilai substansinya sesuai dan diteruskan untuk ditelaah oleh mitra bebestari. Bila makalah tersebut telah ditelaah dan direvisi sesuai hasil telaahan Mitra Bebestari maka makalah dapat diterbitkan pada jurnal keteknikan pertanian Edisi Volume 5. No. 2 Oktober 2017.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami,
Ketua Dewan Redaksi,



Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS
NIP.196303291987031002

1 **Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi**
2 **Transesterifikasi Basa**
3 *Kinetics of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil through Base Transesterification*

4 **Agus Haryanto, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas**
5 **Lampung.email: agus.haryanto@fp.unila.ac.id**
6 **Ovita Yozanna, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.**
7 **email: yozannaovita@yahoo.com**
8 **Sugeng Triyono, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.**
9 **email: striyono2001@yahoo.com**

10 ***Abstract***

11 *This study aims to develop the kinetics of biodiesel production from used cooking oil through*
12 *transesterification reaction with NaOH catalyst. Used cooking oil was obtained from fried*
13 *food peddlers in Bandar Lampung. The transesterification reaction was carried out with 100*
14 *ml of waste cooking oil and 0.5 grams of NaOH at a molar ratio of 1: 4 (oil: methanol).*
15 *Combination treatments of temperature (30°C, 40°C,50°C,and60°C) and reaction time (10, 20,*
16 *30, 40, 50 and 60 minutes) were performed to observe the resulting yield. Kinetic parameters*
17 *were calculated with assumption that the transesterification is a first order reaction. Results*
18 *showed that the reaction rate constant increased with temperature (i.e. $k = 0.003$ at 30°C to*
19 *0.010 min⁻¹ at 60°C). The value of activation energy for transesterification of used cooking oil*
20 *was 30.69 kJ/mol.*

21 **Keywords:** *biodiesel, used cooking oil, yield, activation energy.*

22 **Abstrak**

23 Penelitian ini bertujuan untuk menyusun kinetika pembuatan biodiesel dari minyak jelantah
24 melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis NaOH. Minyak jelantah diperoleh dari penjual
25 gorengan di Bandar Lampung. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan 100 ml minyak
26 jelantah dan 0,5 gram NaOH pada perbandingan molar 1:4 (minyak : metanol). Kombinasi
27 perlakuan suhu (30°C, 40°C,50°C,dan 60°C) dan lamareaksi (10 menit, 20 menit, 30 menit, 40
28 menit, 50 menit, dan 60 menit) dilakukan untuk mengamati rendemen yang dihasilkan.
29 Parameter kinetika dihitung dengan asumsi bahwa transesterifikasi adalah reaksi orde satu.
30 Hasil penelitian menunjukkan bahwa konstanta laju reaksi meningkat seiring dengan
31 bertambahnya suhu, yaitu $k = 0,003$ pada suhu 30°C hingga $k = 0,010$ pada suhu 60°C. Nilai
32 energi aktivasi transesterifikasi minyak jelantah adalah 30,69 kJ/mol.

33 **Kata Kunci:** biodiesel, minyak jelantah, rendemen, energi aktivasi

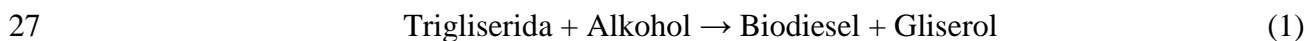
34 **Latar Belakang**

35 Bahan bakar minyak bumi diperkirakan akan habis jika dieksploitasi secara besar-besaran.

1 Biodiesel merupakan salah satu sumber energy yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan
2 bakar untuk mesin diesel (Hindryawati *et al.*, 2014). Biodiesel merupakan nama yang
3 diberikan untuk bahan bakar yang terdiri dari mono-alkyl ester yang berasal dari asam lemak.
4 Biodiesel dapat dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel
5 merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan menghasilkan emisi gas buang relatif
6 lebih rendah dibandingkan bahan bakar konvensional. Jika diproduksi secara efisien, biodiesel
7 bahkan mendekati netral karbon yang menghasilkan emisi hidrokarbon lebih rendah ketika
8 dibakar (Janajreh *et al.*, 2015).

9 Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak seperti kelapa sawit, kedelai, bunga
10 matahari, kacang tanah, jarak pagar dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya. Tetapi,
11 biodiesel yang diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewan lebih mahal dibandingkan
12 dengan bahan bakar diesel konvensional dari minyak bumi. Hal ini disebabkan oleh karena
13 biaya bahan baku biodiesel bisa mencapai hingga 85% dari biaya operasional (Canakci and
14 Sanli, 2008). Mengingat hal tersebut maka biodiesel dapat dibuat dari minyak jelantah
15 (minyak bekas). Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung
16 senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan.
17 Senyawa-senyawa itu sangat berbahaya bagi tubuh manusia (Yuniwati dan Karim 2009).
18 Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan bakar motor diesel merupakan suatu cara
19 penanggulangan limbah (minyak jelantah) yang menghasilkan bahan bakar alternatif yang
20 ekonomis dan sekaligus ekologis (Syamsidar, 2013). Oleh karena itu, pembuatan biodiesel
21 dari minyak jelantah merupakan solusi yang tepat (Adhiatma *et al.*, 2012).

22 Biodiesel dapat dibuat melalui reaksi transesterifikasi menggunakan alkohol dan katalis basa,
23 seperti diberikan dalam Persamaan 1. Diantara alkohol monohidrik yang menjadi kandidat
24 pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan karena harganya murah
25 dan reaktivitasnya paling tinggi. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi
26 adalah NaOH karena katalis ini harganya murah.



28 Studi mengenai kinetika meliputi penentuan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk

1 memprediksi hasil reaksi pada sembarang waktu dan kondisi tertentu. Parameter-parameter itu
2 meliputi konstanta laju reaksi dan energi aktivasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk
3 menyusun kinetika pembuatan biodiesel dari minyak jelantah melalui reaksi transesterifikasi
4 dengan katalis NaOH biodiesel dari minyak jelantah.

5 **Bahan dan Metode**

6 Minyak jelantah diperoleh dari pedagang gorengan di sekitar Universitas Lampung. Minyak
7 dibersihkan dari partikel-partikel kasar menggunakan saringan teh. Karakterisasi minyak
8 jelantah untuk menentukan bilangan asam, kadar asam lemak bebas, dan komposisi asam
9 lemak dilakukan di Lab. Analisis Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Bahan kimia yang
10 digunakan adalah metanol (teknis) dan NaOH (p.a).

11 **Pembuatan biodiesel**

12 Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan 100 ml minyak jelantah dengan rasio molar minyak
13 terhadap metanol 1:4. Pada saat penelitian dilakukan, karakterisasi minyak masih belum
14 selesai sehingga perhitungan rasio molar didasarkan pada komposisi minyak jelantah yang
15 dilaporkan oleh Kheang *et al.* (2006). Menurut Haryanto dkk (2015) massa molar minyak
16 jelantah pada komposisi tersebut adalah 880 g/mol. Dengan massa jenis 0,912 g/ml, maka 100
17 ml akan setara dengan 0,11 mol, sehingga memerlukan 18 ml metanol (massa jenis methanol
18 791,8 g/l) untuk memperoleh perbandingan molar 1:4.

19 Pembuatan biodiesel dilakukan dengan peralatan seperti terlihat pada Gambar 1. Setiap unit
20 percobaan menggunakan 100 ml minyak jelantah, 18 ml metanol, dan 0,5 gram NaOH.
21 Larutan metoksi disiapkan terlebih dulu dengan melarutkan 0,5 gram NaOH ke dalam 18 ml
22 metanol dan mengaduknya hingga semua partikel NaOH larut. Minyak jelantah dipanaskan
23 dalam labu Erlenmeyer 500-ml hingga suhu tertentu. Setelah itu larutan metoksi dituangkan ke
24 dalam labu dan diaduk menggunakan stirrer selama waktu tertentu. Selama reaksi labu
25 direndam dalam air yang dipertahankan suhunya dengan heater. Selain itu, sebuah kondenser
26 reflux dipasang ke labu untuk mencegah metanol menguap.

27 [Gambar 1. Rangkaian alat pembuatan biodiesel]

1 Setelah selesai larutan didiamkan selama kurang lebih 24 jam sehingga diperoleh dua lapisan.
2 Biodiesel (lapisan atas) dipisahkan dari gliserol (lapisan bawah). Biodiesel kemudian dicuci
3 dengan aquades hangat tiga hingga empat kali pembilasan hingga bersih (ditandai dengan air
4 bilasan yang bersih).

5 **Rendemen biodiesel**

6 Rendemen biodiesel dihitung dengan:

$$7 \quad \text{Rendemen} = \frac{\text{bobot biodiesel setelah pencucian (gram)}}{\text{bobot minyak jelantah (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

8 **Kinetika reaksi**

9 Model kinetika dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa transesterifikasi adalah reaksi orde
10 satu dan merupakan fungsi dari konsentrasi non-metil ester (NME) dan suhu reaksi.
11 Komponen NME meliputi trigliserida, digliserida, monogliserida, dan asam lemak bebas yang
12 tidak bereaksi. Kinetika reaksi dirunut mengacu pada Kusdiana dan Saka (2001):

$$13 \quad \text{Laju reaksi} = \frac{d[ME]}{dt} = - \frac{d[NME]}{dt} \quad (3)$$

14 dimana $[ME]$ adalah konsentrasi metal ester (biodiesel) dan $[NME]$ adalah konsentrasi NME.

15 Persamaan (4) dapat ditulis ulang menjadi:

$$16 \quad - \frac{d[NME]}{dt} = k [NME] \quad \text{atau} \quad - \frac{d[NME]}{[NME]} = k dt \quad (4)$$

17 Konsentrasi NME pada $t = 0$ adalah $[NME_0]$ dan pada $t = t$ adalah $[NME_t]$, dimana $[NME_0] >$
18 $[NME_t]$. Integrasi Pers. (4) pada batas-batas $t = 0$ hingga t dan $[NME] = [NAE_0]$ hingga $[NAE_t]$
19 menghasilkan:

$$20 \quad - \ln \frac{[NAE_t]}{[NAE_0]} = k t + C \quad (5)$$

1 Dengan asumsi bahwa sebelum terjadi reaksi tidak ada komponen biodiesel, maka dapat
2 dibuktikan bahwa :

$$3 \quad \frac{[NAE_t]}{[NAE_0]} = 1 - \text{Rendemen} \quad (6)$$

4 Ploting Persamaan (5) dengan t sebagai absis dan nilai negatif logaritma alam dari
5 $[NAE_t]/[NAE_0]$ sebagai ordinat dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi
6 k pada suatu suhu tertentu. Selanjutnya nilai-nilai konstanta pada suhu yang berbeda-beda
7 digunakan untuk menentukan nilai energi aktivasi global (E_a) dari reaksi transesterifikasi
8 dengan memanfaatkan persamaan Arrhenius:

$$9 \quad k = A \exp(-E_a/RT) \quad (7)$$

10 dimana A adalah konstanta frekuensi tumbukan, R adalah konstanta gas universal (8,314 J/mol)
11 dan T adalah suhu mutlak.

12 Hasil dan Pembahasan

13 Karakteristik minyak jelantah

14 Tabel 1 menunjukkan karakteristik minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil
15 analisis karakteristik menunjukkan berat molekul yang terdapat pada minyak jelantah adalah
16 857,3 gr/mol. Komposisi ini sedikit berbeda dari komposisi minyak jelantah yang dilaporkan
17 Kheang. Berdasarkan komposisi pada Tabel 1, kita dapat menghitung massa molar trigliserida
18 minyak jelantah sebagai 857,3 g/mol. Dengan data ini maka reaksi menggunakan 100 ml
19 minyak dan 18 ml metanol memberikan rasio molar minyak terhadap metanol 1 : 4,19, tidak
20 jauh berbeda dengan yang diinginkan (1:4).

21 [Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah pada pembuatan biodiesel]

1 Tabel 1 juga mengisyaratkan bahwa kandungan asam lemak bebas (FFA) cukup rendah
2 (1,43%) sehingga pembuatan biodiesel dapat dilakukan satu tahap melalui transesterifikasi
3 langsung.

4 **Rendemen biodiesel**

5 Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan rendemen biodiesel (Rend.) dan nilai $[NAE_t]/[NAE_0]$
6 pada berbagai suhu dan waktu reaksi. Lama reaksi sangat berpengaruh terhadap konversi yang
7 diperoleh. Semakin lama waktu reaksi yang dijalankan, maka semakin besar konversi yang
8 diperoleh karena kesempatan untuk bertumbukan antara zat pereaksi semakin besar (Parhusip
9 dkk, 2012).

10 [Tabel 2. Rendemen biodiesel dan nilai $[NAE_t]/[NAE_0]$.]

11 Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa rendemen tertinggi yakni 76,6% terjadi pada suhu
12 60°C dan lama reaksi 60 menit. Kartika dan Widyaningsih (2012) menyatakan bahwa hal ini
13 mungkin terjadi karena pada suhu 60°C metanol telah mendekati titik didihnya sehingga
14 intensitas tumbukan antar reaktan meningkat. Selain itu, pada suhu yang tinggi minyak lebih
15 encer sehingga reaksi menjadi lebih mudah.

16 **Konstanta Laju Reaksi (k)**

17 Berdasarkan Tabel 2 dapat dihitung nilai $-\ln\{[NAE_t]/[NAE_0]\}$ pada berbagai suhu yang dapat
18 diplotkan terhadap lama reaksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Konstanta laju reaksi (k)
19 diperoleh dari plot tersebut yang merupakan gradient persamaan garis linear yang mewakili
20 tiap suhu reaksi. Terdapat kecenderungan bahwa konstanta laju reaksi tranesterifikasi minyak
21 jelantah meningkat terhadap suhu, yaitu $k = 0,003/\text{menit}$ pada suhu 30°C, $k = 0,008/\text{menit}$
22 pada suhu 40 dan 50°C, dan $k = 0,010/\text{menit}$ (pada 60°C).

23 **Energi Aktivasi**

24 Energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi. Energi aktivasi
25 dapat diperoleh dengan mengambil nilai logaritma alam dari Pers. (7) yang menghasilkan:

1
$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A \quad (8)$$

2 Nilai logaritma alam dari konstanta laju reaksi tranesterifikasi yang diperoleh pada Gambar 2
3 kemudian disajikan sebagai fungsi invers suhu (Gambar 3), yang menghasilkan persamaan
4 matematis:

5
$$\ln k = -3691 \left(\frac{1}{T} \right) + 6,603 \quad (9)$$

6 Dari Persamaan (9) maka nilai (E_a/R) adalah 3691 sehingga $E_a = 3691 \times 8,314 \text{ J/mol} = 30,69$
7 kJ/mol. Sedangkan frekuensi tumbukan adalah sama dengan $\exp(6,6036) = 737,30$ per menit.

8 [Gambar 4. Grafik hubungan antara $-\ln k$ dengan $1/T$]

9 Nilai energi aktivasi reaksi pembuatan biodiesel telah dilaporkan oleh beberapa peneliti
10 dengan nilai yang berbeda-beda. Tabel 3 memperlihatkan perbandingan nilai energi aktivasi
11 yang telah dilaporkan. Terlihat bahwa nilai energi aktivasi yang dihasilkan dalam penelitian
12 ini berada pada kisaran nilai-nilai yang dipublikasikan. Tabel 3 juga mengindikasikan bahwa
13 perbedaan energi aktivasi mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah jenis
14 dan sifat minyak yang digunakan, rasio molar minyak terhadap metanol, dan jenis katalis.
15 Issariyakul and Dalai (2012) menyatakan dua faktor yang mempengaruhi kinetika
16 tranesterifikasi, yaitu jumlah senyawa jenuh yang mempengaruhi tahap konversi trigliserida
17 dan distribusi panjang rantai yang mempengaruhi tahap konversi monogliserida.

18 [Tabel 3. Energi aktivasi pembuatan biodiesel melalui reaksi tranesterifikasi.]

19 **Simpulan**

20 Konstanta laju reaksi tranesterifikasi minyak jelantah meningkat terhadap suhu, yaitu $k =$
21 $0,003$ pada suhu 30°C hingga $k = 0,010$ pada suhu 60°C . Energi aktivasi (E_a) pada reaksi
22 tranesterifikasi minyak jelantah diperoleh sebesar $30,69 \text{ kJ/mol}$ dengan nilai konstanta
23 frekuensi tumbukan sebesar A sebesar $737,30$ per menit.

Daftar Pustaka

- 1
- 2 Adhiatma, A., C.P. Anshory, A. Purwanto dan W. Ciptonugroho. 2012. The enhancement of
3 waste cooking oil esterification catalyzed by sulfated zirconia and assisted by the
4 addition of silica gel. *Proceeding of 19th Regional Symposium on Chemical
5 Engineering*. Bali : A 331 – A 337.
- 6
- 7 Aziz, I. 2007. Kinetika reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas. *Jurnal Kimia Valensi* Vol.
8 1(1): 19-23.
- 9
- 10 Canakci, M. and H. Sanli. 2008. Biodiesel production from various feedstocks and their
11 effects on the fuel properties. *J Ind Microbiol Biotechnol* Vol. 35: 431-441.
- 12
- 13 Emeji, I.C., A.S. Afolabi, A.S. Abdulkareem and J. Kalala, 2015. Characterization and
14 kinetics of biofuel produced from waste cooking oil. *Proceedings of the World
15 Congress on Engineering and Computer Science*, October 21-23, 2015, San Francisco,
16 USA. Vol. II: 589-592.
- 17
- 18 Haryanto, A., U. Silviana, S. Triyono, dan S. Prabawa. 2015. Produksi biodiesel dari
19 transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro: pengaruh intensitas
20 daya dan waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel. *Agritech* Vol.
21 35(2): 234-240.
- 22
- 23 Hindryawati, N., G.P. Maniam, M.R. Karim and K.F. Chong. 2014. Transesterification of used
24 cooking oil over alkali metal (Li, Na, K) supported rice husk silica as potential solid
25 base catalyst. *Engineering Science and Technology, an International Journal* Vol. 17:
26 95-103.
- 27
- 28 Issariyakul, T. and A.K. Dalai. 2012. Comparative kinetics of transesterification for biodiesel
29 production from palm oil and mustard oil. *The Canadian Journal Of Chemical
30 Engineering* Vol. 90: 342-350.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Jain, S. and M.P. Sharma. 2010. Kinetics of acid base catalyzed transesterification of *Jatropha curcas* oil. *Bioresource Technology* Vol. 101: 7701–7706

Janajreh, I., T. El-Samad, A. Al-Jaberi and M. Diouri, M. 2015. Transesterification of Waste Cooking Oil: Kinetic Study and Reactive Flow Analysis. *Energy Procedia*, 75: 547 – 553.

Kartika, D. dan S. Widyaningsih. 2012. Konsentrasi katalis dan suhu optimum pada reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit alam aktif (ZAH) dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 14(3): 219-226.

Kheang, L.C., C.Y. May, C.S. Foon dan M.A. Ngan. 2006. Recovery and conversion of palm olein-derived used frying oil to methyl esters for biodiesel. *Journal of Oil Palm Research* Vol. 18: 247-252.

Kusdiana, D. dan S. Saka. 2001. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated insupercritical methanol. *Fuel* Vol. 80: 693-698.

Masduki, Sutijan, dan A. Budiman. 2013. Kinetika reaksi esterifikasi *palm fatty acid distillate* (PFAD) menjadi biodiesel dengan katalis zeolit-zirkonia tersulfatasi. *Jurnal Rekayasa Proses* Vol. 7(2): 59-64.

Parhusip, R., Iswahyudi, dan S. Miskah. 2012. Pengaruh waktu reaksi dan penambahan katalis pada pembuatan gliserol monooleat dari gliserol dan asam oleat. *Jurnal Teknik Kimia* Vol. 18(1): 54-59.

Penggabean, S. 2011. analisis kinetika reaksi tranesterifikasi pada produksi biodiesel secara katalitik dengan *static mixing reactor*. (Tesis) Departemen Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, IPB. Bogor.

- 1 Said, M., W. Septiarty, dan T. Tutiwi. 2010. Studi kinetika reaksi pada metanolisis minyak
2 jarak pagar. *Jurnal Teknik Kimia* Vol. 17(1): 15- 22.
- 3
- 4 Salamah, S. 2014. Kinetika reaksi esterifikasi minyak jelantah biji kapuk pada pembuatan
5 biodisel. *Chemica* Vol. 1(1): 11-18.
- 6
- 7 Syamsidar. 2013. Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal*
8 *Teknosains* Vol. 7(2): 209-218.
- 9
- 10 Utami, T.S., R. Arbianti dan D. Nurhasman. 2007. Kinetika reaksi transesterifikasi CPO
11 terhadap produk metil palmitat dalam reaktor tumpak. *Seminar Nasional Fundamental*
12 *dan Aplikasi Teknik Kimia*. Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS, Surabaya, 15 November
13 2007.
- 14
- 15 Widyawati, Y., A. Suryani, M. Romli and Sukardi. 2015. Transesterification of calophyllum
16 oil (*Calophyllum inophyllum* L) by calcium oxide catalyst : optimization and kinetic
17 model. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* Vol. 25(3):239-247.
- 18
- 19 Yoeswono, Triyono, dan I. Tahir. 2008. Kinetika transesterifikasi minyak sawit dengan
20 metanol menggunakan katalis kalium hidroksida. *Indo. J. Chem.* Vol. 8(2): 219-225.
- 21
- 22 Yuniwati, M., dan A.A. Karim. 2009. Kinetika reaksi pembuatan biodiesel dari minyak goreng
23 bekas (jelantah) dan metanol dengan katalisator KOH. *Jurnal Teknologi* Vol. 2 (2):
24 130-136.
- 25

26 **Ucapan Terima Kasih**

27 Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset,
28 Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian ini
29 dengan kontrak No. 76/UN26/8/LPPM/2016 tanggal 13 April 2016.

1

Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah pada pembuatan biodiesel

| Parameter | Nilai |
|-----------------------|--------|
| Massa jenis (kg/l) | 0,912 |
| FFA (%) | 1,43 |
| Bilangan Asam | 0,7199 |
| Asam lemak (%) | |
| Methyl Laurate | 0,75 |
| Methyl Myristate | 1,58 |
| Methyl Palmitate | 42,84 |
| Methyl Linoleat | 12,43 |
| Methyl Oleat | 35,71 |
| Tidak dikenal | 1,54 |
| Methyl Stearat | 5,15 |

2

3

4

5

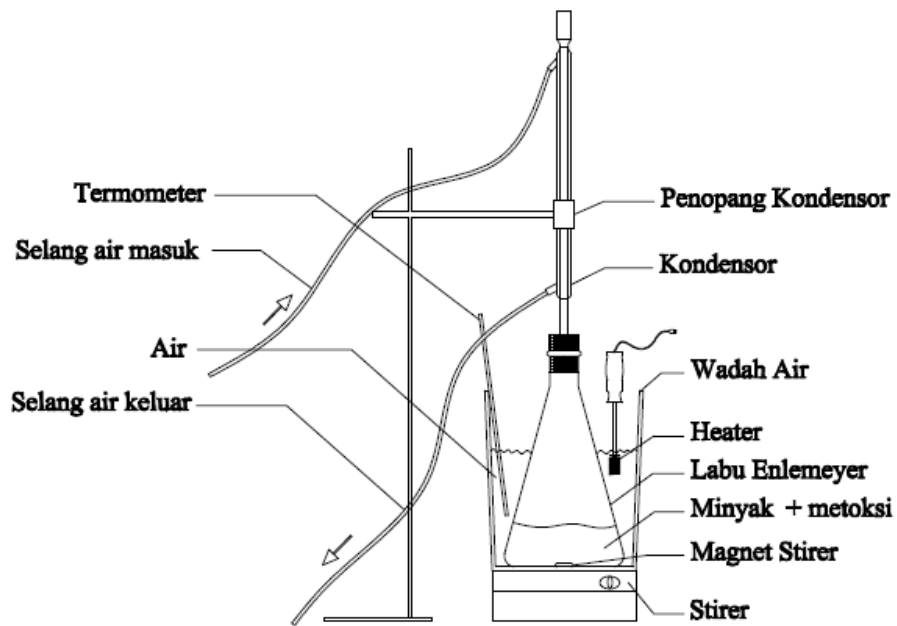
Tabel 2. Rendemen biodiesel dan nilai $[NAE_t]/[NAE_0]$.

| Lama reaksi (menit) | suhu 30 °C | | suhu 40 °C | | suhu 50 °C | | suhu 60 °C | |
|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | Rend. (%) | $\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ | Rend. (%) | $\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ | Rend. (%) | $\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ | Rend. (%) | $\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ |
| 10 | 46,7 | 0,533 | 29,6 | 0,704 | 45,8 | 0,542 | 55,5 | 0,445 |
| 20 | 49,8 | 0,502 | 36,2 | 0,638 | 54,5 | 0,455 | 67,1 | 0,329 |
| 30 | 50,9 | 0,491 | 39,1 | 0,609 | 57,2 | 0,428 | 67,6 | 0,324 |
| 40 | 54,3 | 0,457 | 43,5 | 0,565 | 58,2 | 0,418 | 69,0 | 0,310 |
| 50 | 54,8 | 0,452 | 51,7 | 0,483 | 64,1 | 0,359 | 70,7 | 0,293 |
| 60 | 55,8 | 0,442 | 52,8 | 0,472 | 64,6 | 0,354 | 76,6 | 0,234 |

6

Tabel 3. Energi aktivasi pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

| Bahan baku | Ea (kJ/mol) | Model Reaksi | Keterangan (kondisi reaksi) | Referensi |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------|
| Minyak jelantah | 30,69 | Reaksi orde satu | Rasio molar 1:4 (minyak : metanol), waktu 10 s/d 60 menit, katalis NaOH, suhu 40-55°C. | Penelitian ini. |
| Minyak biji kapuk | 10,39 | Reaksi orde satu | Rasio molar 1:3 (minyak : metanol), waktu 60 s/d 120 menit, katalis KOH. | Salamah dkk. (2014) |
| Minyak nyamplung | 23,34 | Reaksi orde satu | Rasio molar 1:12 (minyak : metanol), waktu 10-120 menit, katalis kalsium oksida, suhu 40-80°C. | Widyawati dkk.(2015) |
| Minyak goreng kelapa sawit | 71,83 | Reaksi <i>pseudo</i> -orde ketiga | Rasio molar 1:6 (minyak : metanol), waktu 10 s/d 30 menit, katalis KOH | Penggabean. (2011) |
| Minyak jarak jagar | 38,46 | Reaksi <i>pseudo</i> -orde satu | Rasio molar 1:2 , 1:4, 1:6 (minyak : metanol), waktu 10 s/d 60 menit, katalis NaOH | Said dkk. (2010) |
| Minyak jarak jagar | 87,81 | Reaksi orde satu | Suhu 20-80°C, waktu sampai 3 jam, katalis NaOH | Jain and Sharma (2010) |
| Minyak CPO | 6,195 | Reaksi <i>pseudo</i> -orde satu | Rasio molar 1:6 (minyak : metanol), suhu 55-70°C, waktu 5 s/d 90 menit, katalis NaOH | Utami dkk. (2007) |
| Minyak jelantah | 22,468 ± 0.975 | <i>pseudo</i> -homogen, orde satu. | Metanol-hexana sebagai ko-solven, katalis ZnO/TiO ₂ . Minyak jelantah 100 g, katalis 3 g, methanol 61 g. Suhu 100-200°C, tekanan 24 bar, waktu 15-60 menit. | Emeji <i>et al.</i> 92015) |
| Minyak CPO | 39,27 | Reaksi <i>pseudo</i> -orde satu | Rasio molar 1:6 (minyak : metanol), waktu 1-60 menit, katalis KOH (0,5 g), suhu 40-50°C. | Yoeswono dkk. (2008) |
| Minyak jelantah | 52,51 | Reaksi orde dua | Rasio molar 1:1,54 (minyak : metanol), waktu 10-60 menit, katalis KOH , suhu 30-70°C. | Aziz |
| CPO dan Mustard | 30,2 (CPO), 26,8 (Mustard) | Reaksi orde dua | Rasio molar 1:6 (minyak : metanol), waktu 1-30 menit, katalis KOH, suhu 40-60°C. | Issariyakul and Dalai (2012) |

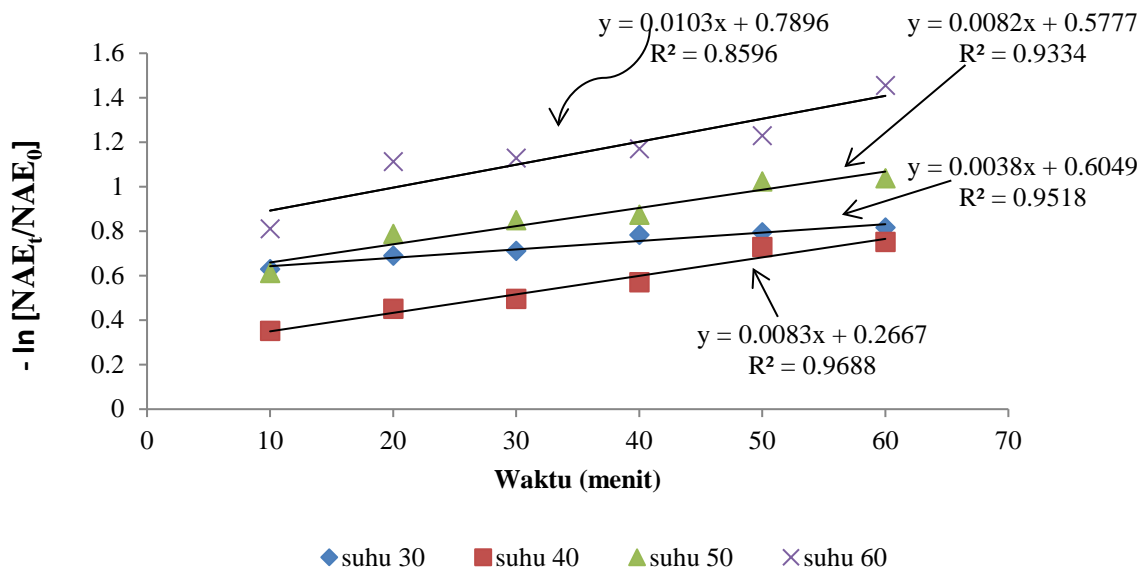


1

2

Gambar 1. Rangkaian alat pembuatan biodiesel

3

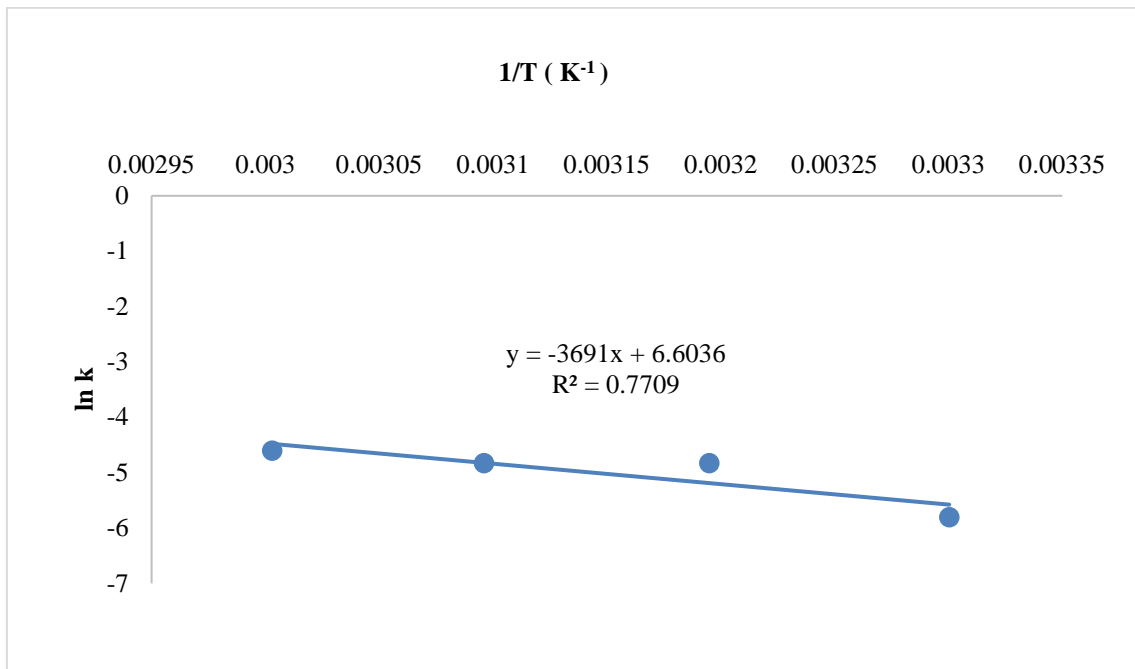


4

5

Gambar 2. Hubungan antara $-\ln\{[NAE_t]/[NAE_0]\}$ dengan lama waktu reaksi.

6



1

2

Gambar 3. Grafik hubungan antara $-\ln k$ dengan $1/T$

3

7 Oktober 2016

Nomor : 010/UN26/7/SMIAP/2016
Lamp. : -
Perihal : Notifikasi penerimaan abstrak

Kepada Yth.
Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. Melauren Oktavina Renata,dkk.
FP Universitas Lampung
Di
tempat

Dengan hormat,

Bersama surat ini, kami informasikan bahwa artikel Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. yang berjudul **“Kinetika Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Bantuan Gelombang Mikro”** diterima untuk dipresentasikan dalam Seminar Nasional Sains, Matematika, Informatika dan Aplikasinya (SN SMIAP) IV Fakultas MIPA Universitas Lampung pada 26-27 Oktober 2016 mendatang. Oleh karena itu, kami mohon Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. untuk dapat menyerahkan artikel lengkap (*full paper*) dan melakukan pembayaran paling lambat 20 Oktober 2016.

Pengumpulan artikel lengkap (*full paper*) dan bukti pembayaran dapat dikirimkan melalui e-mail ke alamat sn.smiap@gmail.com.

Demikian informasi ini kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,
Ketua Panitia

Tristiyanto, S.Kom., M.I.S., Ph.D.
NIP 198104142005011001

KINETIKA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MELALUI REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN BANTUAN GELOMBANG MIKRO

(Kinetics of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil through Microwave-Assisted Transestrification Reaction)

Agus Haryanto¹, Melauren Oktavina Renata², Sugeng Triyono¹

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl.

Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145. Email:

agus.haryanto@FP.unila.ac.id

²⁾ Mahasiswa tingkat akhir Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas

ABSTRAK

Paremeter kinetika diperlukan untuk mengetahui produksi biodiesel pada kondisi tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi yang dibantu dengan gelombang mikro. Penelitian ini dilakukan menggunakan minyak jelantah yang diperoleh dari pedagang kaki gorengan di sekitar Universitas Lampung. Bahan kimia yang digunakan adalah metanol (teknis) dan NaOH (p.a). Penelitian dilakukan dengan perbandingan molar 1:4 dan dengan kombinasi tiga level suhu (45°C, 50°C, dan 55°C) dan lima level waktu reaksi (2 menit, 3 menit, 4 menit, 5 menit, dan 6 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen biodiesel tertinggi sebesar 66,8% pada waktu 6 menit dan suhu 55°C. Hasil perhitungan menghasilkan nilai konstanta laju reaksi (k) yang meningkat terhadap suhu, yaitu 0,059 per menit pada suhu 45° C, 0,094 per menit pada suhu 50° C, dan 0,096 per menit pada suhu 55 °C. Hasil perhitungan juga menghasilkan nilai energi aktivasi (E_a) sebesar 42,4 kJ/mol dengan nilai konstanta frekuensi tumbukan (A) sebesar 9756,2 per detik.

Kata kunci : biodiesel, gelombang mikro, minyak jelantah, rendemen, konstanta laju reaksi, energi aktivasi.

ABSTRACT

Kinetics parameter is required to determine the production of biodiesel in certain circumstances. This study aims to determine the kinetics of biodiesel through transesterification assisted by microwaves. This research was conducted using used cooking oil derived from street vendors of fried around the University of Lampung. The chemicals used are methanol (technical) and NaOH (p.a). The study was conducted with a molar ratio of 1: 4 and with a combination of three levels of temperature (45 °C, 50 °C and 55 °C) and a five-level of reaction time (2 minutes, 3 minutes, 4 minutes, 5 minutes and 6 minutes). Results showed that the highest biodiesel yield amounted to 66.8% at the time of 6 minutes and a temperature of 55°C. The result of the calculation produces the value of the reaction rate constant (k), which increases with temperature, i.e 0.059 per minute at a temperature of 45 °C, 0.094 per minute at 50 °C, and 0.096 per minute at 55 °C. The calculation resulted that the value of activation energy (Ea) of 42.4 kJ/mol with a constant value of the collision frequency (A) was 9756.2 per second.

Keywords: *biodiesel, microwaves, cooking oil, yield, reaction rate constant, activation energy.*

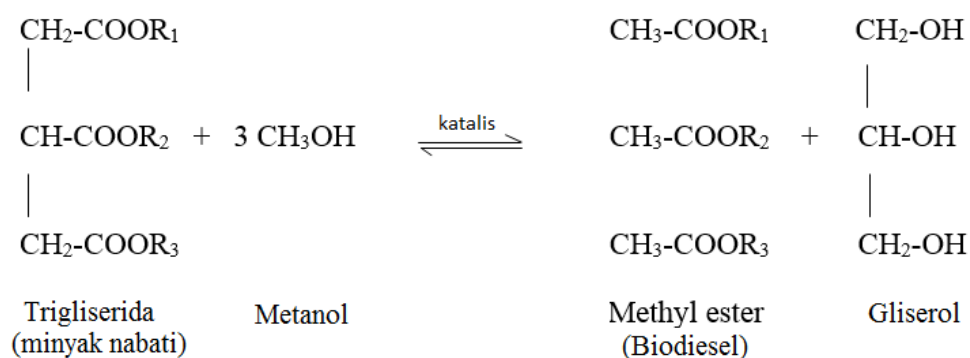
1. PENDAHULUAN

Pemenuhan energi yang bersumber dari minyak bumi mendapat perhatian yang sangat serius. Bukan saja karena efek rumah kaca akibat dari emisi CO₂ yang dihasilkannya, namun juga karena cadangan minyak bumi dunia yang semakin menipis. Menipisnya cadangan minyak bumi dapat ditandai dari melonjaknya harga minyak mentah di pasaran dunia (Karman, 2012). Keadaan ini menyebabkan para peneliti dan pemerintah harus berpikir ekstra untuk mencegah terjadinya kelangkaan energi. Salah satu upaya untuk mengurangi kebutuhan bahan bakar untuk transportasi adalah menciptakan bahan bakar alternatif, seperti biodiesel dan bioetanol serta mencari sumber-sumber energi lain yang dikenal dengan energi terbarukan. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang diproduksi dari bahan baku minyak nabati atau lemak hewan melalui proses transesterifikasi maupun proses esterifikasi

dengan bantuan alkohol dan katalis (Dharsono dan Oktari, 2010).

Indonesia adalah salah satu negara tropis yang memiliki berbagai jenis bahan baku biodiesel. Bahan baku biodiesel di antaranya adalah minyak kelapa sawit, minyak jelantah, minyak biji karet dan jarak pagar. Potensi produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit mencapai 438.876 ribu barel, minyak jelantah 45.515 ribu barel, dan minyak biji karet 3989,7 ribu barel. Dengan adanya suplemen biodiesel Indonesia akan dapat mengatasi krisis energi sampai pada tahun 2101 (Kuncahyo dkk., 2013).

Biodiesel umumnya dibuat melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa. Reaksi ini lebih cepat membentuk metil ester (biodiesel) dibandingkan reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam (Karman, 2012; Van Gerpen, 2005). Selain biodiesel, reaksi tersebut juga akan menghasilkan produk sampingan berupa gliserin (Jaichandar dan Annamalai, 2001). Hasil sampingan ini bisa dimanfaatkan untuk keperluan lain, misalnya sebagai bahan kosmetik, sabun dan lainnya (Syamsudin, 2010). Menurut Hikmah dan Zuliyani (2010) reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat disajikan sebagai berikut:



Suhu menjadi parameter penting dalam reaksi tersebut. Perpindahan panas pada reaksi transesterifikasi konvensional berlangsung lambat karena terjadi secara konveksi dan konduksi. Aplikasi gelombang mikro dapat mempercepat proses perpindahan panas karena gelombang mikro dapat merambat melewati cairan sehingga proses pemanasan akan berlangsung lebih efektif dan proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan lebih singkat

(Barnard *et al.*, 2007). Penggunaan gelombang mikro pada pembuatan biodisel dapat mengkonversi minyak jelantah menjadi biodisel lebih cepat, jika dibandingkan dengan cara konvensional (Haryanto dkk., 2015).

Kinetika reaksi mengkaji kecepatan atau laju terjadinya reaksi kimia. Laju reaksi yaitu perubahan konsentrasi reaktan atau produk terhadap waktu (Chang, 2004). Kinetika reaksi transesterifikasi diperlukan untuk memprediksi hasil reaksi pada suatu waktu dan kondisi tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama reaksi dalam pembuatan biodisel dan menyusun model kinetika transesterifikasi minyak jelantah yang dibantu dengan gelombang mikro.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal bulan Mei sampai dengan September 2016, bertempat di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven *microwave*, spatula, buret, neraca analitik, gelas piknometer untuk analisis massa jenis, kondensor, *mixer* kecil dengan putaran 300 rpm untuk pengadukan, erlenmeyer, *beaker glass*, termometer, *rubber bulb*, spatula, *falling ball viscometer* untuk mengukur viskositas biodisel yang dihasilkan. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi minyak jelantah, metanol (teknis), NaOH (p.a), dan aquades. Minyak jelantah diperoleh dari pedagang gorengan di sekitar Universitas Lampung (UNILA). Minyak jelantah disaring menggunakan saringan teh untuk memisahkan partikel padat. Karakterisasi minyak jelantah untuk menentukan bilangan asam,

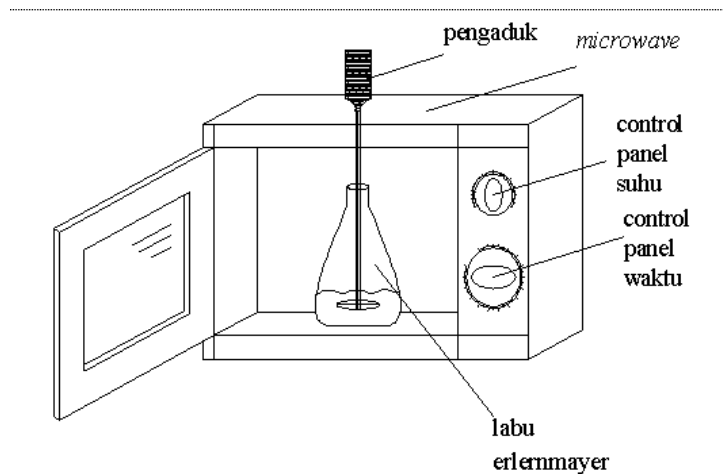
kadar asam lemak bebas, dan komposisi asam lemak dilakukan di Lab. Pengolahan Hasil Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, UNILA.

2.3 Rancangan Percobaan

Perlakuan dalam penelitian ini adalah variasi suhu dan lama waktu pemanasan. Masing-masing terdiri dari tiga level suhu (45, 50, dan 55°C) dan lima level lama reaksi (2, 3, 4, 5, dan 6 menit).

2.4 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang mikro ditunjukkan pada Gambar 1. Reaksi transesterifikasi menggunakan perbandingan molar antara minyak jelantah dengan metanol 1:4. Proses pembuatan biodiesel dimulai dengan pembuatan larutan metoksi, yaitu mencampurkan 0,5 gram NaOH ke dalam 18 ml methanol dan diaduk hingga semua partikel NaOH larut. Larutan ini kemudian dituang ke dalam labu Erlenmeyer 500 ml yang telah diisi dengan 100 ml minyak jelantah. Labu kemudian dimasukkan ke dalam microwave tepat di tengah. Microwave dihidupkan selama waktu yang sudah ditentukan dan intensitas daya diatur agar suhu reaksi sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat yang bersamaan mini mixer dihidupkan untuk melakukan pengadukan.



Gambar 1. Proses pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang mikro

Hasil reaksi didiamkan selama 24 jam. Biodiesel dipisahkan dari gliserol dan dicuci beberapa kali hingga bersih (ditandai oleh air cucian sudah bersih/jernih). Rendemen biodiesel dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak jelantah (g)}} \times 100\% \quad (8)$$

2.5 Analisis

Kinetika reaksi transesterifikasi dirunut dengan mengacu pada Kusdiana dan Saka (2001). Transesterifikasi dianggap sebagai reaksi orde satu dan merupakan fungsi dari konsentrasi non biodiesel (uME) dan suhu reaksi. Komponen uME meliputi trigleserida, digliserida, monogliserida, dan asam lemak bebas (FAA) yang tidak bereaksi. Laju reaksi dinyatakan sebagai:

$$\text{Laju reaksi} = \text{Rate} = -\frac{d[uME]}{dt} \quad (1)$$

$$-\frac{d[uME]}{dt} = k [uME] \quad (2)$$

Konsentrasi uME pada saat $t = 0$ adalah $[uME_0]$ dan pada saat $t = t$ adalah $[uME_t]$, dimana $[uME_0] > [uME_t]$. Integrasi persamaan (2) pada batas uME_0 hingga uME_t dan $t = 0$ hingga $t = t$ menghasilkan:

$$-\int_{uME_0}^{uME_t} \frac{d[uME]}{[uME]} = k \int_0^t dt \quad (3)$$

$$-\ln\left(\frac{[uME_t]}{[uME_0]}\right) = kt + C \quad (4)$$

Dengan asumsi bahwa sebelum terjadi reaksi, tidak ada komponen biodiesel di dalam minyak jelantah maka dapat di buktikan bahwa :

$$\frac{[uME_t]}{[uME_0]} = 1 - \text{Rendemen} \quad (5)$$

Plot Persamaan (4) dengan t sebagai absis dan nilai negatif logaritma alam dari $[\text{uME}_0]/[\text{uME}_t]$ sebagai ordinat dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi k pada berbagai suhu. Selanjutnya nilai-nilai konstanta pada suhu yang berbeda-beda ini digunakan untuk menentukan nilai energi aktivitasi global (E_a) dari reaksi transesterifikasi dengan memanfaatkan persamaan Arrhenius:

$$k = A \exp(-E_a/RT) \quad (6)$$

atau

$$\ln(k) = \ln(A) - E_a \left(\frac{1}{T} \right) \quad (7)$$

dimana A adalah konstanta frekuensi tumbukan molekul, R adalah konstanta gas ideal dengan nilai 8,314472 J/mol.K, dan T adalah suhu mutlak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Minyak Jelantah

Tabel 1 menunjukkan karakteristik minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini. Terlihat bahwa minyak jelantah cukup kental dengan nilai viskositas yang tinggi (61,75 cSt). Tetapi minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas atau FFA (*free fatty acids*) cukup rendah (1,43%), sehingga proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi transesterifikasi secara langsung.

3.2 Rendemen (%)

Tabel 2 menunjukkan rendemen biodiesel yang dihasilkan dari kombinasi perlakuan suhu dan lama reaksi. Biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis antara 0,86 – 0,87 gram/ml (sesuai SNI), dan viskositas 3,79 – 5,53 cSt (sesuai SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi suhu rendemen biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi. Demikian juga makin lama waktu reaksi makin tinggi rendemen biodiesel. Rendemen tertinggi dihasilkan

pada suhu 55°C pada waktu 6 menit yaitu 66,77 %. Rendemen yang tidak optimum ini disebabkan beberapa faktor yaitu kualitas metanol dan NaOH, serta perbandingan molar yang digunakan.

Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian

| Parameter | Jumlah |
|-----------------------|--------|
| Massa jenis (g/ml) | 0,912 |
| Viskositas (cSt) 30°C | 61,75 |
| FFA (%) | 1,43 |
| Bilangan Asam | 0,7199 |
| Methyl Laurate | 0,75 |
| Methyl Myristate | 1,58 |
| Methyl Palmitate | 42,84 |
| Methyl Linoleat | 12,43 |
| Methyl Oleat | 35,71 |
| Methyl Stearat | 5,15 |
| Tidak dikenal | 1,54 |

Berdasarkan teori semakin lama waktu reaksi, maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar (Susilowati, 2006). Hasil biodiesel juga dipengaruhi oleh rasio trigliserida terhadap metanol dan intensitas daya oven. Majid dkk. (2012) menemukan rasio konsentrasi trigliserida terhadap metanol yang menghasilkan konversi biodiesel optimum adalah 1:6. Mereka juga melaporkan pada awalnya hasil biodiesel akan meningkat seiring dengan semakin besar daya dan lamawaktu pemanasan, akan tetapi ketika daya dan waktu pemanasan optimum telah tercapai maka hasil biodiesel yang didapatkan akan menurun.

3.3 Laju Reaksi (k)

Berdasarkan data pada Tabel 2, maka konstanta laju reaksi dapat dihitung dengan membuat plot seperti diberikan pada Gambar 2, di mana konstanta laju reaksi merupakan gradient garis linear. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka konstanta laju reaksi

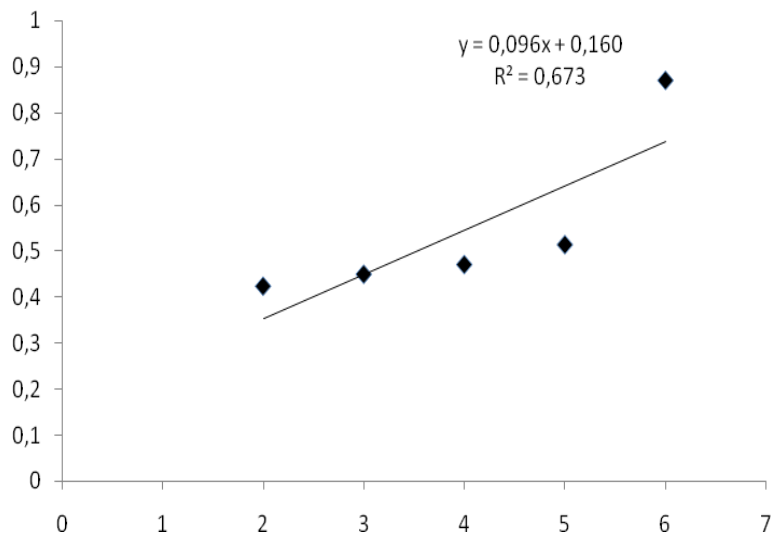
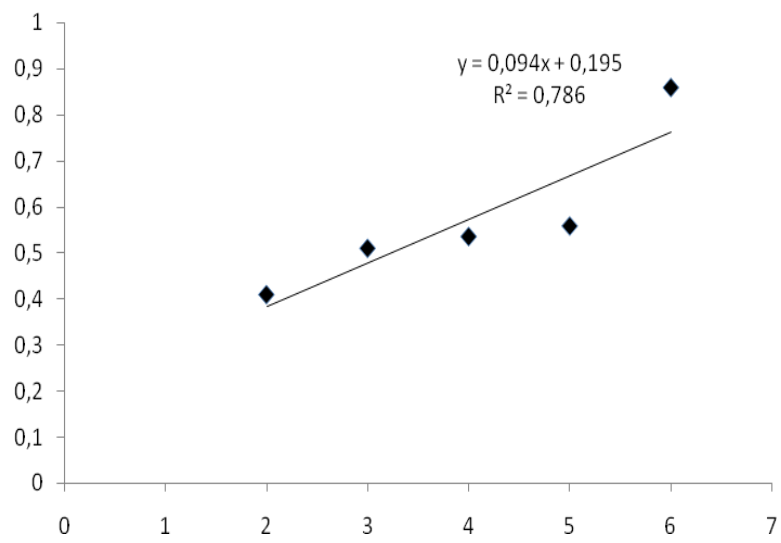
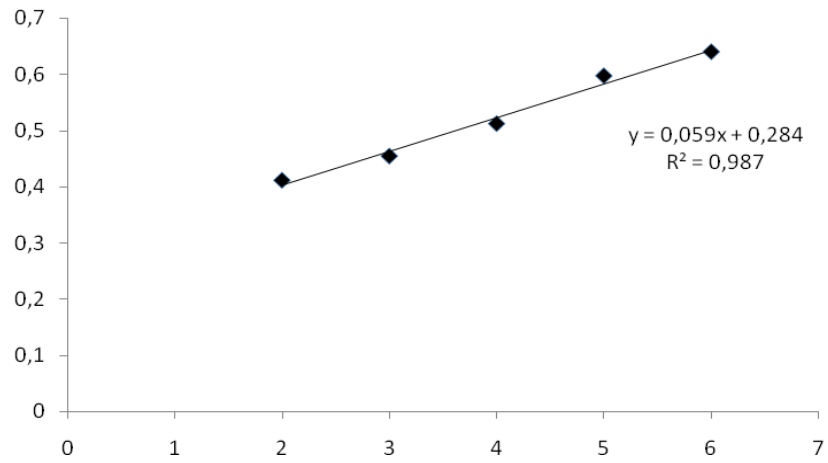
akan meningkat. Hal ini terjadi karena dengan semakin tinggi temperatur reaksi, kecepatan reaksi juga semakin meningkat (Satriadi, 2015). Salamah (2014) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu, laju pergerakan setiap molekul akan semakin cepat, sehingga frekuensi tumbukan antar molekul akan semakin cepat, sehingga frekuensi tumbukan antar molekul akan meningkat dan reaksi menjadi semakin cepat. Data hubungan antara suhu reaksi dan konstanta laju reaksi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Data rendemen biodisel

| Suhu | Waktu (Menit) | Rendemen (%) | $-\ln \frac{[uME_t]}{[uME_0]} = -\ln(1 - \text{Rendemen})$ |
|------|---------------|--------------|--|
| 45°C | 2 | 33,44 | 0,41 |
| | 3 | 33,45 | 0,45 |
| | 4 | 38,15 | 0,51 |
| | 5 | 47,78 | 0,59 |
| | 6 | 54,82 | 0,63 |
| 50°C | 2 | 38,29 | 0,40 |
| | 3 | 42,84 | 0,50 |
| | 4 | 44,95 | 0,53 |
| | 5 | 47,84 | 0,55 |
| | 6 | 57,23 | 0,85 |
| 55°C | 2 | 34,40 | 0,42 |
| | 3 | 35,33 | 0,44 |
| | 4 | 36,34 | 0,46 |
| | 5 | 45,65 | 0,51 |
| | 6 | 66,77 | 0,87 |

Tabel 3. Hubungan suhu dan konstanta laju reaksi

| Suhu T (°C) | 1/T (K ⁻¹) | k per menit | ln k |
|---------------|------------------------|---------------|--------|
| 45 | 0,003143 | 0,059 | -2,83 |
| 50 | 0,003095 | 0,094 | -2,36 |
| 55 | 0,003047 | 0,096 | -2,34 |



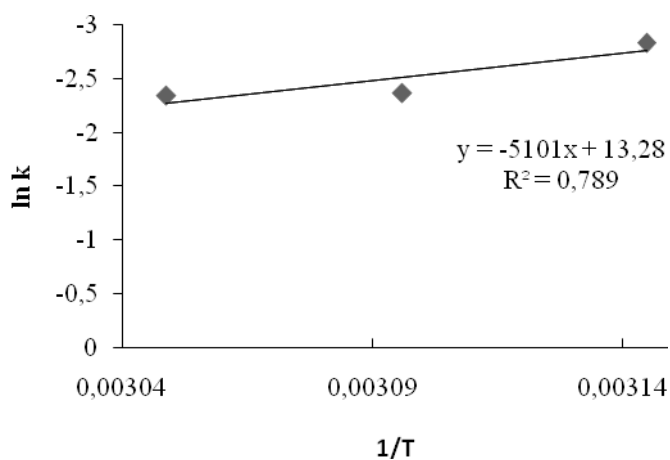
Gambar 2. Grafik hubungan waktu dan $-\ln [uME_t/uME_0]$ pada suhu 45 °C (atas), 50 °C (tengah) dan 55 °C (bawah)

3.4 Energi Aktivasi

Energi aktivasi dapat menunjukkan seberapa mudah atau sulit reaksi tersebut berlangsung, dimana secara teori jika suatu reaksi memiliki energi aktivasi yang lebih kecil akan cenderung bereaksi lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan suatu reaksi yang memiliki energi aktivasi lebih besar yang cenderung akan bereaksi lebih sulit dan lama (Rahman dan Sanjaya, 2012). Semakin besar nilai konstanta laju reaksi, maka reaksi akan berlangsung cepat. Semakin cepat suatu reaksi memungkinkan terjadinya tumbukan partikel dalam jumlah besar dengan waktu yang relatif singkat dan tingkat energi yang lebih rendah sehingga keseimbangan akan tercapai pada waktu yang lebih cepat.

Berdasarkan Pers. (7) maka energi aktivasi (E_a) dapat diperoleh dengan membuat plot antara $1/T$ sebagai absis versus $\ln(k)$ sebagai ordinat. Dalam hal ini slope garis linear adalah nilai dari E_a/R . Dari Tabel 3, kita dapat membuat plot tersebut sebagai mana diberikan pada Gambar 3 sehingga dapat digunakan untuk menentukan harga setiap parameter pada model kinetika yang diusulkan. Dari Gambar 3, diperoleh persamaan matematis sebagai berikut :

$$\ln k = 13,28 - 5101\left(\frac{1}{T}\right)$$



Gambar 3. Grafik hubungan $1/T$ dengan $\ln(k)$

Dengan mensubsitusikan persamaan di atas pada persamaan sebelumnya, diperoleh nilai E_a yaitu 42,41 kJ/mol dan A yaitu 9756,17 s⁻¹. Oleh karena itu persamaan kinetika yang dihasilkan dapat disajikan sebagai:

$$k = 9756,17e^{42,41/RT} \quad (8)$$

Energi aktivasi yang didapatkan dari penelitian ini cukup besar apabila dibandingkan dengan energi aktivasi pembuatan biodiesel menggunakan bahan baku minyak dan sistem pemanasan yang berbeda seperti diberikan pada Tabel 4. Hal ini mungkin disebabkan karena pada saat memulai reaksi minyak tidak dipanaskan terlebih dulu kesuhu yang dikehendaki, melainkan dimulai dari suhu yang paling rendah (suhu ruangan). Oleh sebab itu pada saat reaksi membutuhkan energi yang cukup besar untuk memulai terjadinya reaksi.

Tabel 4. Energi aktivasi reaksi pembuatan biodiesel

| Bahan Baku | Kondisi | E_a (kJ/mol) | Referensi |
|-----------------------|--|-----------------|----------------------------|
| Minyak jelantah | Rasio molar 1 : 4, waktu 2-6 menit, suhu 45-55°C, <i>microwave</i> | 42, 41 | Hasil penelitian ini |
| Minyak biji kapuk | Rasio mol 1:3, konvensional, waktu 60 -120 menit, suhu 40, 70 dan 90°C | 10,39 | Salamah, 2014 |
| Minyak pongamia | Rasio mol 1:6, suhu 30-70°C, konvensional | 41, 57 | Jaya dan Selvan, 2014 |
| Minyak biji kapas | Rasio mol 1:6, suhu 30-70°C, konvensional | 23, 69 | Jaya dan Selvan, 2014 |
| Minyak jarak pagar | Rasio mol 1:6, konvensional, suhu 40-60°C | 41, 94 | Buchori dan Sasongko, 2012 |
| Minyak jarak pagar | Rasio mol 1:9, suhu 100-140°C, waktu 120 menit dengan interval 15 menit, menggunakan reactor | 17,54 | Rustamaji dkk., 2010 |
| Minyak biji nyamplung | Rasio molar 1:6, 29, 45, 60 dan 70°C dengan waktu 0-30 menit, konvensional | 16,25 | Sahirman dkk., 2008 |
| Minyak kelapa sawit | Rasio molar 1:6, suhu 30, 40 dan 60 C, waktu 10-30 menit, static mixing reactor | 71,83 | Penggabean, 2011 |

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan rendemen biodiesel berkisar antara 33,45 hingga 66,77%. Rendemen tertinggi terjadi pada suhu 55°C dan waktu reaksi 6 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka semakin besar nilai konstanta laju reaksi (k). Nilai k adalah 0,059, 0,094, dan 0,096 per menit yang berturut-turut diperoleh untuk suhu 45, 50 dan 55°C. Nilai energi aktivasi (E_a) reaksi transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro adalah 42,41 kJ/mol.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui skem Penelitian Fundamental dengan kontrak No. 76/UN26/8/LPPM/2016 atas nama Agus Haryanto.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnard, T.M., N.E. Leadbeater, M.B. Boucher, L. M. Stencel, and B.A. Wihite. 2007. Continous-flow preparation of biodiesel using microwave heating. *Energy and Fuel*. Vol. 21(3) : 177-1781.
- Buchori, L. dan S.B. Sasongko. 2012. Kinetika transesterifikasi biodiesel jarak pagar. *Teknik*. Vol. 33(2): 52-57.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar : Konsep-konsep Inti Jilid 2* (Edisi 3). Erlangga. Jakarta. 329 hlm.
- Dharsono, W. dan Y.S. Oktari . 2010. Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Metanol dengan Esterifikasi In Situ. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Haryanto, A., U. Silviana, S.Triyono, dan S. Prabawa. 2015. Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro: Pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel.

Agritech. Vol. 35(2) : 234 - 240.

- Hikmah, M.N. dan Zuliyah. 2010 Pembuatan Metil Ester (Biodisel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Jaya, N. dan B. K. Selvan. 2014. Comparative study on kinetic parameters for tranesterification of pongamia and cotton seed oil. *International Journal of ChemTech Research*. Vol. 6(10): 4475-4479.
- Jaichandar, S. dan K. Annamalai. 2011. The status of biodiesel as an alternative fuel for diesel engine - An overview. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. Vol 2: 71-75.
- Karman, J. 2012. *Teknologi dan Proses Pengolahan Biomasa*. Alfabeta. Bandung. 128 hlm.
- Kuncahyo, P., A. Z. M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa prediksi potensi bahan baku biodisel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2 (1) : B62-B66.
- Kusdiana, D. dan S. Saka. 2001. Kinetic of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methanol. *Fuel*. Vol 80 : 693-698.
- Majid, A. A., D. Prasetyo, dan Y.C. Danarto. 2012. Pembuatan biodisel dari minyak jelantah dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*: K15-K21.
- Rahman, A. Z. dan I.G.M. Sanjaya. 2012. Rasionalisasi jalur sintesis laevifonal dari trans-resveratol dengan menggunakan teori fungsional kerapatan (DFT). *UNESA Journal of Chemistry*. Vol. 1(1): 1-9.
- Rustamaji, H., S. Heri, dan B. Arief. 2010. Permodelan dan simulasi kinetika reaksi alkoholisis minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dengan katalisator zirkonia tersufatasi. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol 4 (1).
- Penggabean, S. 2011. Analisis Kinetika Reaksi Tranesterifikasi pada Produksi Biodiesel Secara Katalitik dengan *Static Mixing Reactor*. (Tesis). Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.

- Sahirman., A. Suryani, D. Mangunwidjaja, Sukardi, dan R. Sudrajat. 2008. Kinetika reaksi transesterifikasi minyak biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) pada proses produksi biodiesel. *Jurnal Penelitian dan Hutan*. Vol 27 (3): 201-212.
- Salamah, S. 2014. Kinetika reaksi esterifikasi minyak jelantah biji Kapuk pada pembuatan biodiesel. *Chemica*. Vol 1 (1) : 11-18.
- Satriadi, H. 2015. Kinetika reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat menjadi triacetin menggunakan katalis asam sulfat. *Teknik*. Vol. 36 (2) : 75-80.
- Syamsudin, M. 2010. *Membuat Sendiri Biodiesel (Bahan Bakar Alternatif Pengganti Solar)*. Lily Publisher. Yogyakarta. 46 hlm.
- Susilowati. 2006. Biodiesel dari minyak biji Kapuk dengan katalis zeolit. *Jurusan Teknik Kimia*. Vol.1 (1): 10-14.
- Van Gerpen, J. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*. Vol 86: 1097-1107.

7 Oktober 2016

Nomor : 010/UN26/7/SMIAP/2016
Lamp. : -
Perihal : Notifikasi penerimaan abstrak

Kepada Yth.
Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. Fitriani, dkk.
FP Universitas Lampung
Di
tempat

Dengan hormat,

Bersama surat ini, kami informasikan bahwa artikel Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. yang berjudul **“Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik”** diterima untuk dipresentasikan dalam Seminar Nasional Sains, Matematika, Informatika dan Aplikasinya (SN SMIAP) IV Fakultas MIPA Universitas Lampung pada 26-27 Oktober 2016 mendatang. Oleh karena itu, kami mohon Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. untuk dapat menyerahkan artikel lengkap (*full paper*) dan melakukan pembayaran paling lambat 20 Oktober 2016.

Pengumpulan artikel lengkap (*full paper*) dan bukti pembayaran dapat dikirimkan melalui e-mail ke alamat sn.smiap@gmail.com.

Demikian informasi ini kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu/Sdr./Sdri. kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,
Ketua Panitia

Tristiyanto, S.Kom., M.I.S., Ph.D.
NIP 198104142005011001

**PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MELALUI
TRANSESTERIFIKASI DENGAN BANTUAN GELOMBANG ULTRASONIK**

**(BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE COOKING OIL THROUGH
ULTRASONIC-ASISTED TRANSESTERIFICATION)**

Fitriani¹, Agus Haryanto^{2,*}, Sugeng Triyono²

¹) Mahasiswa Tingkat Akhir Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

¹) Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{*}) Corresponding author: agus.haryanto@fp.unila.ac.id (Agus Haryanto)

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel made from vegetable oil or animal fat that can be used as a substitute for diesel fuel. Used cooking oil has potential as a raw material for making biodiesel because of its continuous availability compared to other feedstocks. The purpose of this study was to determine the production of biodiesel from waste cooking oil with the assistance of ultrasonic wave. The experiment was arranged in completely randomized design by two factors, namely reaction temperature and reaction time. Each factor consists of four levels, namely 40, 45, 50, 55°C for temperature and 1, 2, 3, 4 minutes for reaction times. All treatments were replicated by 3 repetitions. Analysis of variance was employed to understand the effect of each treatment factor. Results showed that there was no effect of factors on the biodiesel production as well as on its density and viscosity. Average biodiesel yield was 62.54 %. The biodiesel had an average density of 0.88 g/ml (complies SNI) and average viscosity of 4.93 cSt (complies SNI).

Keyword : *biodiesel, waste cooking oil, ultrasonic, yield, viscosity, density.*

1. PENDAHULUAN

Sumber energi minyak bumi saat ini mulai menipis seiring meningkatnya pembangunan dan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Transportasi merupakan sektor pengguna energi terbesar ketiga setelah sektor rumah tangga sebesar 3,35 % (BPPT, 2015). Saat ini, banyak negara terutama Indonesia kekurangan bahan bakar minyak sehingga perlu mengimpor untuk memenuhi kebutuhan dalam jumlah yang besar. Konsumsi *gasoline* di sektor transportasi mengalami peningkatan 11,93% dari 23,1 juta kl menjadi 25,94 juta kl dibandingkan tahun 2010 (Kementrian ESDM, 2012). Menurut Haryanto (2002), sejumlah laporan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kebutuhan energi khususnya untuk bahan bakar mesin diesel yang diperkirakan akibat meningkatnya jumlah industri, transportasi dan pusat pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) diberbagai daerah di Indonesia sejak pertengahan tahun 80-an. Hal tersebut dikarenakan stok minyak mentah terus berkurang seiring dengan meningkatnya jumlah konsumsi. Biodiesel merupakan salah satu solusi bagi permasalahan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti minyak solar.

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan industri perhotelan, restoran dan usaha *fastfood* yang pesat menyebabkan permintaan akan minyak goreng semakin meningkat. Hal ini menyebabkan minyak goreng bekas dalam jumlah yang cukup tinggi. Selama pengorengan minyak goreng mengalami proses oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehyd, dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses-proses tersebut menyebabkan minyak mengalami kerusakan (Listiadi dan Putra, 2013). Kerusakan utama ditimbulkan oleh bau dan rasa tengik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), perubahan indeks refraksi, angka

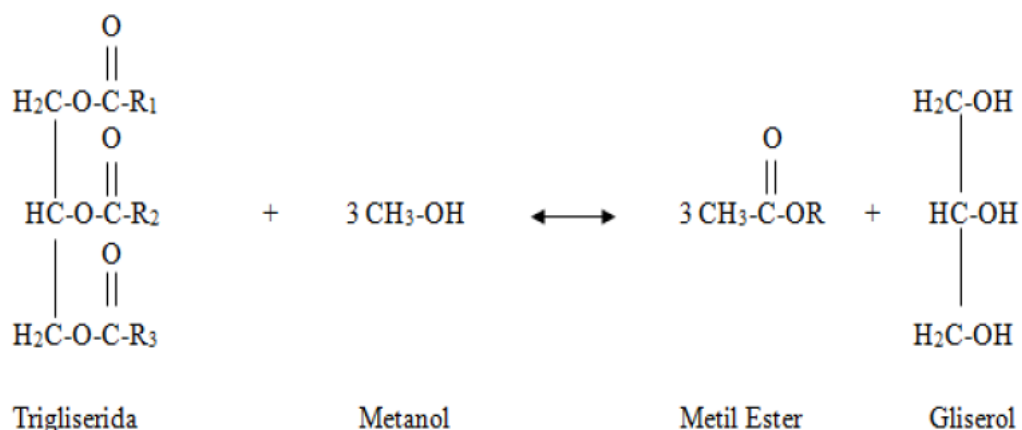
peroksida, angka karbonil, timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa dan adanya kotoran dari bumbu yang digunakan dan dari bahan yang digoreng (Wijana dkk., 2005). Pemanfaatan minyak goreng bekas juga dapat dilakukan dengan pemurnian agar dapat digunakan kembali dan digunakan sebagai bahan baku produk berbasis minyak seperti sabun, sampo, dan bahan bakar diesel (Harianja, 2010).

Biodiesel merupakan bahan bakar menyerupai minyak solar yang terbuat dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, meliputi minyak tumbuhan dan lemak hewan, baik di darat maupun di laut. Pada sektor darat dan laut, total sumber penghasil minyak biodiesel lebih dari 50 jenis (Kuncahyo dkk, 2013). Biodiesel ini dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar, sebab komposisi fisika-kimia antara biodiesel dan solar tidak jauh berbeda. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk 100% (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (Hambali dkk., 2007). Spesifikasi biodiesel yang akan dicampur harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan karena standar tersebut dapat memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi pemrosesan bahan baku minyak nabati sempurna yaitu bebas gliserol, katalis, alkohol, dan asam lemak bebas (Boedoyo, 2006). Biodiesel selain sebagai energi alternatif juga lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan salah satu polutan penting yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan mengakibatkan polusi udara meningkat.

Menurut Kuncahyo dkk. (2013) di Indonesia bahan baku yang berpotensi menghasilkan minyak biodiesel meliputi, kelapa sawit, jarak pagar, minyak jelantah, kelapa, kapuk/randu, nyamplung, alga, dan lain sebagainya. Dari beberapa jenis bahan yang berpotensi sebagai bahan baku biodiesel tersebut salah satunya adalah minyak jelantah yang mudah ditemui dan terjangkau. Potensi dari minyak jelantah adalah ketersediaan

produksinya kontinyu dibandingkan jenis bahan yang lain. Sampai tahun 2101 diperkirakan Indonesia dapat mengatasikrisis energi dengan adanya suplemen biodiesel. Limbah minyak jelantah akan menimbulkan masalah pengelolaan air jika dibuang ke saluran air, atau jika digunakan untuk bahan makanan bisa menimbulkan masalah kesehatan (Felizardo dkk., 2006).

Umumnya proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati/hewani melalui tahapan transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis basah (Gambar 1). Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Reaksi didorong supaya bergerak ke kanan sehingga dihasilkan *methyl ester* (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah berlebih (Refaat dkk., 2008). Encinar dkk. (2005) menyatakan biodiesel dengan sifat terbaik dapat diperoleh pada rasio molar 6:1 (metanol/minyak). Selain biodiesel juga dihasilkan produk samping, yaitu gliserol. Karena minyak jelantah dan metanol bersifat *immiscible* (tidak bercampur) maka di dalam proses transesterifikasi biasanya dibantu dengan pengadukan mekanis. Selain itu, untuk meningkatkan kecepatan reaksi minyak perlu dipanaskan. Pengadukan dan pemanasan memerlukan energi sehingga efisiensi energi menjadi berkurang dan biaya produksi biodiesel bisa meningkat.



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis NaOH.

Menurut (Santos dkk., 2009; Hende dan Ritenour, 2002) gelombang ultrasonik pada frekuensi rendah dapat digunakan untuk menghasilkan emulsi dari cairan yang *immiscible*. Salah satu cara untuk mengurangi pengadukan mekanis menggunakan gelombang ultrasonik. Pemberian gelombang ultrasonik sebagai salah satu upaya untuk memperkecil *input* energi pada proses pemanasan dan pengadukan. Kavitasi yang diakibatkan oleh gelombang ultrasonik mampu menciptakan radikal-radikal yang memudahkan terjadinya reaksi (Xia dkk., 2002). Penggunaan gelombang ultrasonik dapat mempercepat proses pembuatan biodieseldengan waktu yang lebih efisien. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan suhu terhadap produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonik.

2. BAHAN DAN METODA

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan April-Agustus 2016 bertempat di Lab. Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian dan Lab. Rekayasa Pengolahan Limbah, Jurusan Teknologi HasilPertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (UNILA), Bandar Lampung.

2.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pipet tetes, *ultrasonic batch cleaner* (Cole-Parmer 8890) dengan frekuensi gelombang ultrasonik sebesar 42 kHz, *heater*, alumunium foil, labu erlenmeyer, gelas ukur, gelas beaker, botol bening, timbangan analitik, *falling ball viscometer*, termometer, piknometer, spatula, *stopwatch*, sarung tangan, danmasker. Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah, metanol (teknis), NaOH (p.a), aquadest, larutan. Minyak disaring

menggunakan saringan teh untuk memisahkan partikel. Karakteristik minyak dilakukan di Lab. Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, UNILA, untuk mengetahui bilangan asam, kadar asam lemak bebas, dan komposisi asam lemak.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan rasio molar antara minyak terhadap metanol sebesar 1:4. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan dua faktor. Faktor pertama suhu reaksi dengan 4 taraf (40, 45, 50, dan 55 °C), dan faktor kedua waktu reaksi dengan 4 taraf, yaitu 1, 2, 3, dan 4 menit. Setiap perlakuan diulang 3 kali.

2.4. Prosedur Penelitian

Proses pembuatan biodiesel melalui beberapa tahapan yaitu proses pembuatan larutan metoksida, reaksi transesterifikasi, pemisahan biodiesel dan gliserol, dan penyucian biodiesel.

2.1.1 Pembuatan larutan metoksida

Tiga per sepuluh gram (0,3 g) NaOH dimasukkan ke dalam metanol 18 ml dan dikocok hingga semua partikel larut.

2.1.2 Pembuatan Biodiesel

- 1) 100 ml minyak jelantah dimasukkan ke dalam gelas Beaker dan dipanaskan hingga suhu yang telah ditentukan, lalu dituang ke dalam botol.
- 2) Larutan metoksida dimasukkan ke dalam botol berisi minyak jelantah tersebut. Botol kemudian dimasukkan ke dalam *ultrasonic batch cleaner* (Gambar 2) berisi air yang sudah dipanaskan hingga suhu yang ditentukan.



Gambar 2. Pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang ultrasonik

- 3) Alat *ultrasonic batch cleaner* dinyalakan selama waktu yang ditentukan.
- 4) Setelah proses selesai, larutan didiamkan selama 24 jam sampai terjadi pengendapan seperti yang terlihat pada lampiran Gambar 3.



Gambar 3. Biodiesel sebelum dipisahkan (kiri) biodiesel yang sudah dipisahkan dari gliserol (tengah) gliserol (kanan)

- 5) Gliserol dan biodiesel dipisahkan menggunakan pipet tetes.
- 6) Biodiesel yang sudah dipisahkan dicuci dengan menggunakan aquadest hangat dipanaskan lalu diaduk hingga merata lalu didiamkan sebentar (sekitar 10 menit). Setelah terjadi pemisahan, biodiesel dipisahkan dan dicuci lagi 3-4 kali hingga air cucian tampak jernih.

2.5. Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel.

2.5.1 Analisis massa jenis

Rendemen biodiesel dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak jelantah}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.5.2 Massa Jenis

Massa jenis diukur menggunakan piknometer 25-ml. Massa jenis biodiesel (ρ_{bd}) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho_{bd} = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2)$$

dimana m adalah massa sampel biodiesel (gram) dan v volume sampel biodiesel (ml).

2.5.3 Viskositas

Viskositas biodiesel (ν) diukur menggunakan *falling ball viscometer* dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\nu = \frac{k(\rho_{ball} - \rho_{bd})t_o}{\rho_{bd}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana ρ_{ball} adalah massa jenis bola yang digunakan pada viscometer (8,02 gram/ml), k adalah koefisien bola (0,01336), dan t_o adalah waktu yang diperlukan oleh bola untuk jatuh di dalam biodiesel.

2.5.4 Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik minyak jelantah

Penelitian ini menggunakan minyak jelantah dengan karakteristik seperti terlihat pada Tabel 1. Minyak jelantah tersebut memiliki nilai viskositas yang tinggi yaitu sebesar 61,75 cSt. Asam lemak bebas atau FFA (*free fatty acids*) yang terkandung dalam minyak jelantah cukup rendah yaitu 1,43% sehingga reaksi transesterifikasi dapat dilakukan langsung tanpa melalui reaksi esterifikasi.

Tabel 1. Karakteristik minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian

| Parameter | Jumlah |
|-----------------------|--------|
| Massa jenis (g/ml) | 0,912 |
| Viskositas (cSt) 30°C | 61,75 |
| FFA (%) | 1,43 |
| Bilangan Asam | 0,7199 |
| Methyl Laurate | 0,75 |
| Methyl Myristate | 1,58 |
| Methyl Palmitate | 42,84 |
| Methyl Linoleat | 12,43 |
| Methyl Oleat | 35,71 |
| Methyl Stearat | 5,15 |
| Tidak dikenal | 1,54 |

1.1 Rendemen (%)

Dari hasil analisis ragam dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ menunjukkan bahwa faktor suhu reaksi dan faktor waktu reaksi serta interaksi dari kedua faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Tabel 2 menunjukkan hasil analisis sidik ragam untuk rendemen biodiesel. (Analisis sidik ragam untuk massa jenis dan viskositas tidak ditampilkan). Hasil penelitian yang dilakukan memperoleh rendemen rata-rata biodiesel sebesar 62,54% dalam kisaran 41 – 76%.

Tabel 2. Analisis ragam rendemen biodiesel

| Sumber Keseragaman | Db | JK | KT | F Hit | P Value |
|--------------------------|----|---------|-------|-------|---------|
| Suhu Reaksi (T) | 3 | 161.56 | 53.85 | 0.88 | 0.46 |
| Waktu Reaksi (t) | 3 | 99.64 | 33.21 | 0.54 | 0.66 |
| Suhu Reaksi*Waktu Reaksi | 9 | 538.00 | 59.78 | 0.97 | 0.48 |
| Galat | 32 | 1965.00 | 61.41 | | |
| Total | 47 | 2764.20 | | | |

Putri dkk. (2012) meneliti pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dengan menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 42 kHz dan melaporkan bahwa pada waktu reaksi yang sama semakin tinggi suhu awal reaksi maka konversi reaksi semakin tinggi. Semakin tinggi suhu awal reaksi semakin singkat waktu reaksi yang dibutuhkan untuk mencapai konversi kesetimbangan. Namun pada hasil penelitian kami tidak demikian, pada waktu reaksi yang sama semakin tinggi suhu awal hasil konversi tidak menentu. Desiyana dkk. (2014) juga menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 42 kHz (peralatan yang sama dengan yang kami gunakan) dengan rasio molar 6:1 dan pembuatan biodiesel dapat berjalan secara baik. Dengan waktu reaksi 30 menit rata-rata rendemen biodiesel yang dihasilkan adalah sebesar 70,67% (Desiyana dkk., 2014).

Tidak adanya pengaruh dari suhu dan waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel, kemungkinan disebabkan oleh kondisi *ultrasonic batch cleaner* yang sudah tidak bagus sehingga menghasilkan gelombang ultrasonik yang kurang kuat dan kurang merata. Gelombang yang dihasilkan oleh *ultrasonic batch cleaner* pada setiap sudut dan bagian tengah getarannya tidak sama. *Ultrasonic batch cleaner* yang digunakan ini mengalami penurunan kualitas gelombang, karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Desiyana dkk. (2014) masih berfungsi dengan baik sehingga dapat menghasilkan produksi biodiesel yang diharapkan. Selain itu juga dipengaruhi oleh suhu yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan suhu reaksi 40°C, 45°C, 50°C, 55°C.

Menurut Susilo (2007) proses transesterifikasi dengan pemancaran gelombang ultrasonik akan mencapai hasil cukup ideal pada kisaran suhu 52–56°C untuk frekuensi 19,23 kHz dan kisaran 73–86°C untuk frekuensi 29,53 kHz. Hal senada ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan Susilo (2007) pada pengolahan biodiesel dari jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 19,3 kH dan 29,53 kH.

Meskipun demikian, hasil penelitian kami mengisyaratkan bahwa aplikasi gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat biodiesel lebih pendek dibandingkan pembuatan biodiesel secara konvensional.

Keunggulan dari produksi biodiesel dengan bantuan gelombang ultrasonik ini tidak memerlukan waktu yang lama untuk dapat menghasilkan biodiesel. Menurut Fajar dan Widiawati (2011), proses produksi biodiesel dengan menggunakan gelombang ultrasonik menghasilkan konversi yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses pembuatan biodiesel secara konvensional. Selain itu dengan menggunakan gelombang ultrasonik tidak membutuhkan input energi yang besar dibandingkan dengan produksi biodiesel secara konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kavitasi dan termal yang dihasilkan gelombang ultrasonik dapat memberikan energi yang besar kepada molekul-molekul pereaksi untuk mengatasi energi aktivasi reaksi sehingga kecepatan reaksi meningkat. Peningkatan laju reaksi akan menghasilkan konversi pembentukan metil ester yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih pendek dibandingkan dengan proses tanpa menggunakan gelombang ultrasonik (konvensional) (Putri dkk., 2012).

1.2 Karakteristik biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki warna kuning cerah, jernih, dan encer. Berdasarkan pengukuran, biodiesel memiliki massa jenis rata-rata 0,88 g/ml dengan kisaran 0,875 – 0,883 g/ml. Nilai ini memenuhi standar SNI No. 7182:2015 yang mensyaratkan massa jenis biodiesel 0,85 – 0,89 g/ml. Hasil penelitian Sinaga dkk. (2014) memperoleh biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis 0,85 g/ml pada kombinasi perlakuan optimum suhu 65°C dan waktu 30 menit. Sedangkan hasil penelitian Desiyana dkk. (2014) biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis berkisar antara 0,86 – 0,94 g/ml.

Biodiesel juga jauh lebih encer dibandingkan minyak jelantahnya. Hal ini terlihat dari nilai viskositasnya. Berdasarkan pengukuran, biodiesel memiliki viskositas rata-rata 4,93 cSt dengan kisaran 3,57 – 7,22 cSt. Nilai ini juga memenuhi standar SNI No. 7182 tahun 2015 yang mensyaratkan viskositas biodiesel 2,3 – 6,0 cSt. Jika dibandingkan dengan viskositas minyak jelantah seperti diberikan pada Tabel 1, maka pembuatan biodiesel telah menurunkan viskositas menjadi sekitar seperduabelas kalinya. Hasil penelitian Sinaga dkk. (2014) biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas 1,65 cSt (belum memenuhi syarat SNI No. 7182 tahun 2015) pada kombinasi perlakuan optimum suhu 65°C dan waktu 30 menit. Sedangkan hasil penelitian Desiyana dkk. (2014) biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas berkisar antara 4,16 – 8,07 cSt.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa pemanfaatan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz dapat diaplikasikan dalam

pembuatan biodiesel minyak jelantah dengan rendemen rata-rata sebesar 62,54%. Biodiesel yang dihasilkan memiliki karakteristik massa jenis 0,88g/ml dan viskositas sebesar 4,93 cSt (keduanya memenuhi standar SNI No. 7182 tahun 2015). Faktor suhu reaksi dan waktu reaksi beserta interaksinya tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap nilai rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel.

4.2. Saran

Pada penelitian ini diduga kualitas *ultrasonic batch cleaner* sudah berkurang sehingga frekuensi gelombangnya tidak sesuai dengan yang diharapkan (42 kHz). Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi yang berbeda.

5. DAFTAR PUSTAKA

- BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi). 2015. *Outlook Energi Indonesia 2015*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Boedoyo, M. S. 2006. Teknologi Proses Pencampuran Biodiesel dan Minyak Solar di Indonesia. *Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak*. 51-61.
- Desiyana, V., A. Haryanto, dan S. Hidayati. 2014. Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi dengan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 3(1): 49-58.
- Encinar, J.M., J.F. Gonzalez, and A.R. Reinares. 2005. Biodiesel from Used Frying Oil. Variabels Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel. *Ind. Eng. Chem. Res.* Vol. 44(15): 5491 – 5499.
- Fajar, B. dan E. Widayawati. 2011. Investigasi Pengaruh Kavitas Ultrasonik Pada Transesterifikasi Biodiesel (Skala Lab) untuk Pengembangan Ultrasonik Mobile Reactor. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2*: A.7-A.12.
- Felizardo, P., M.J.N. Correia, I. Raposo, J.F. Mendes, R. Berkemeier, and J.M. Bordado. 2006. Production of Biodiesel from Waste Frying Oils. *Waste Management*. Vol. 26: 487 – 494.

- Hambali, E., S. Mujdalipah, A. H. Tambunan, A. W. Pattiwiri dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta. Agromedia.
- Harianja, E., 2010. *Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Kapasitas 15.000 ton/tahun*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Haryanto, B. 2002. *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel (Bagian I. Pengenalan)*. Universitas Sumatera Utara digital library. Universitas Sumatera Utara.
- Hendee W.R. dan E.R. Ritenour. 2002. *Medical Imaging Physics*, 4th Ed., Wiley Liss Inc.
- Kementrian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) 2012. *Kajian Supply Demand Energy*. Jakarta.
- Kuncahyo, P., A. Z. M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2.No. 1: 2301-9271.
- Listiadi, A.P. dan I.M.B. Putra. 2013. Intensifikasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Transesterifikasi dan Pemurnian *Dry Washing*. *Skripsi*. Universitas Sultan Agung Tirtayasa. Banten.
- Putri, S.K., Supranto, dan R. Sudiyo. 2012. Studi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa (*Coconut Oil*) dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 6, (1): 147-153.
- Refaat, A.A., N.K. Attia, H.A. Sibak, S.T. El Eheltawy, and G.I El Diwani. 2008. Production Optimazation and Quality assement of Biodiesel from Waste Vegetables Oil. *Int. J. Environ. Sci. Tech*, Vol. 5 (1): 75 – 82.
- Santos H.M., C.Lodeiro, and J. L. Capelo-Martinez. 2009. The Power of Ultrasound. In: *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications* (Editor J-L. Capelo Martinez). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, pp. 1 – 16.
- Sinaga, S.V., A. Haryanto, dan S. Triyono. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 3(1): 27-34.
- Susilo, B. 2007. *Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Pengolahan Biodiesel dari Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.)*. Universitas Brawijaya. Malang. 147-153.
- Wijana, Susinggih, N. Hidayat, dan A. Hidayat. 2005. *Mengolah Minyak Goreng Bekas*. Jakarta. Trubus Agrisarana.



Jurnal **TEKNIK PERTANIAN LAMPUNG**

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telepon (62-721) 701609 ext. 846
<http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/> email: ae.journal@yahoo.com

Bandar Lampung, 24 Oktober 2016

Nomor : 380/J.TEP-L/10/2016
Hal : Accepted Paper

Kepada Yth. :

Risa Inggit P, dkk

di Bandar Lampung

Bersama ini kami sampaikan bahwa **Jurnal Teknik Pertanian Lampung (J.TEP Lampung)** telah menerima, memproses/mereview makalah Sdr./Bapak/Ibu yang berjudul :

Pengaruh perbandingan molar dan durasi reaksi terhadap
rendemen biodiesel dari minyak kelapa an Risa Inggit P dkk

Artikel tersebut dinyatakan kami terima dan disetujui untuk dipublikasikan pada **J.TEP Lampung** pada Volume 5 No. 2 2016 atau artikel ilmiah. Artikel Bapak/Ibu/Saudara dapat diakses secara online melalui alamat: <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/>

Demikian disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.



Redaksi J.TEP Lampung,

Cicik Sugianti, S.TP, M.Si.

NIP. 19880522 201212 2 001

Tembusan:

1. Ketua Jurusan Teknik Pertanian (sebagai Laporan)

1 **PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI TERHADAP**
2 **RENDEMEN BIODIESEL YANG DIHASILKAN DARI BAHAN BAKU**
3 **MINYAK KELAPA (*Coconut Oil*)**

4
5 **Risa Inggit Pramitha¹, Agus Haryanto², Sugeng Triyono³**

6
7 ¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

8 ²Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

9 Komunikasi Penulis, email : risaingggit18@gmail.com

10
11
12 **ABSTRAK**

13 Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio molar minyak : metanol dan
14 durasi reaksi terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan dari transesterifikasi minyak
15 kelapa. Reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan minyak kelapa pada suhu 60°C
16 dan 0,5 gram katalis NaOH. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak
17 Lengkap dengan kombinasi dua faktor, yaitu rasio molar dan durasi reaksi. Rasio molar
18 terdiri dari empat level (1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6), sedangkan durasi reaksi terdiri dari tiga
19 level (15, 30, dan 60 menit). Parameter pengamatan meliputi rendemen, massa jenis,
20 dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Setiap unit percobaan dilakukan
21 menggunakan 100 ml minyak kelapa dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Hasil
22 penelitian menunjukkan bahwa faktor durasi reaksi berpengaruh signifikan terhadap
23 rendemen dan viskositas biodiesel, sedangkan faktor rasio molar berpengaruh signifikan
24 terhadap massa jenis dan viskositas biodiesel. Interaksi kedua faktor tersebut tidak
25 berpengaruh terhadap parameter yang diamati. Rendemen biodiesel paling tinggi
26 (75,56%) dihasilkan pada durasi 60 menit dan terendah (60,27%) pada durasi 15 menit.
27 Biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis antara 0,86– 0,87 gr/ml (memenuhi
28 SNI), dan viskositas antara 3,40– 4,55 cSt (memenuhi SNI).

29 **Kata Kunci :** Biodiesel, Minyak Kelapa, Rendemen, Massa Jenis, Viskositas.

ABSTRACT

1
2 This study aims to determine the effect of the molar ratio of oil : methanol and duration
3 of the reaction on the yield of biodiesel produced from palm oil transesterification. The
4 transesterification reaction is carried out using coconut oil at 60 °C and 0.5 grams of
5 NaOH catalyst. The method is a completely randomized design with a combination of
6 two factors, namely the molar ratio and the duration of the reaction. The molar ratio
7 consists of four levels (1: 3, 1: 4, 1: 5 and 1: 6), while the duration of the reaction is
8 composed of three levels (15, 30, and 60 minutes). Parameter observations include
9 yield, density, and viscosity of biodiesel produced. Each unit of experiment was
10 performed using 100 ml of coconut oil and each treatment was repeated three times.
11 The results showed that duration factor significantly influence the yield and viscosity of
12 biodiesel, while the molar ratio factor significantly influence the density and viscosity
13 of biodiesel. Interaction of these factors, however, do not affect the parameters
14 observed. The highest yield of biodiesel (75.56%) resulted within duration of 60
15 minutes and the lowest (60.27%) on within duration of 15 minutes. Biodiesel produced
16 has a density of 0.86 to 0.87 g/ml (complies SNI), and a viscosity of between 3.40 to
17 4.55 cSt (complies SNI).

18 *Keywords: Biodiesel, Coconut Oil, Yield, Density, Viscosity.*

19

20

21

22

1. PENDAHULUAN

1
2 Jumlah penduduk Indonesia terus mengalami peningkatan. Peningkatan ini disertai
3 dengan naiknya tingkat kesejahteraan hidup dan industrialisasi. Semua ini
4 menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Aspek yang
5 dipengaruhi adanya peningkatan penduduk, industrialisasi, dan kesejahteraan adalah
6 naiknya penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi berbagai
7 sektor (industri, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya). Konsumsi energi di
8 Indonesia pada periode 2000 – 2012 meningkat rata-rata sebesar 2,9% pertahun. Jenis
9 energi yang paling dominan adalah penggunaan bahan bakar minyak (BBM) yang
10 meliputi avtur, avgas, bensin, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak
11 bakar (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2014). Di sisi lain, ketersediaan
12 bahan bakar fosil terus mengalami penurunan. Menurut statistik British Petroleum
13 (2015), pada akhir 2014 cadangan minyak bumi Indonesia tinggal 0,5 milyar ton. Pada
14 tingkat produksi 852 ribu barrel per hari, cadangan ini hanya akan bertahan selama 12
15 tahun.

16
17 Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar
18 pengganti bahan bakar solar (Manai, 2010). Biodiesel didefinisikan sebagai ester
19 monoalkil dari minyak nabati dan hewani. Menurut Fidaus (2010) biodiesel
20 menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil dibanding solar yaitu sekitar
21 30%, emisi CO juga lebih rendah sekitar 18%, emisi *particulate* lebih rendah 17%,
22 sedangkan untuk emisi NOx lebih tinggi sekitar 10%. Sehingga tingkat emisi biodiesel
23 lebih rendah dibanding dengan solar, sehingga lebih ramah lingkungan. Perbandingan
24 sifat fisik dan kimia biodiesel dari minyak goreng bekas dengan minyak solar dapat

1 lihat pada (Tabel 1). Sejak Mei 2006 Pertamina sudah mulai mengembangkan biodiesel
 2 ini dengan mengeluarkan biosolar. Proyeksi konsumsi biodiesel di Indonesia dapat
 3 dilihat pada (Tabel 2).

4
 5 Tabel 1. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dari minyak goreng bekas

| Sifat fisik/kimia | Biodiesel | Solar |
|-----------------------------------|------------------|--------------|
| Densitas (40 °C), kg/L | 850 | 820 |
| Viskositas kinematik (40 °C), cSt | 3,2 | 2,0 |
| Bilangan asam, mg KOH/g | 0,5 | 0,3 |
| Kadar air, % vol | 0,02 | 0,05 |
| Titik nyala, °C | 176 | 55 |
| Titik tuang, °C | 9 | 18 |
| Titik kabut, °C | 14,6 | - |
| Indeks Cetana | 51 | - |

6 Sumber : (Aziz,dkk 2011)

7 Tabel 2. Proyeksi kebutuhan biodiesel di Indonesia

| No | Tahun | Kebutuhan Biodiesel (juta kilo liter) |
|-----------|--------------|--|
| 1 | 2014 | 70 |
| 2 | 2015 | 73 |
| 3 | 2016 | 77 |
| 4 | 2017 | 81 |
| 5 | 2018 | 86 |
| 6 | 2019 | 92 |

8 Sumber :Badan pengkajian dan penerapan teknologi, (2014)

9
 10 Minyak yang berasal dari tumbuhan dan lemak hewan serta turunannya dapat
 11 dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Srivastava dan Prasad, 2000).
 12 Indonesia sangat kaya dengan berbagai jenis tanaman penghasil minyak yang bisa
 13 dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel, seperti terlihat pada (Tabel 3).

1

2 Tabel 3. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel

| No | Nama Lokal | Nama Latin | Sumber Minyak | Isi % Berat Kering |
|----|--------------|-------------------------------|----------------|--------------------|
| 1 | Jarak Pagar | <i>Jatropha curcas</i> | Inti biji | 40 – 60 |
| 2 | Kecipir | <i>Psophocarpus tetrag</i> | Biji | 15 – 20 |
| 3 | Kapok/Randu | <i>Ceiba pantandra</i> | Biji | 24 – 40 |
| 4 | Ketiau | <i>Madhuca mottleyana</i> | Inti Biji | 50 – 57 |
| 5 | Kecipir | <i>Psophocarpus tetrag</i> | Biji | 15 – 20 |
| 6 | Kelapa | <i>Cocos nucifera</i> | Inti biji | 60 – 70 |
| 7 | Kelor | <i>Moringa oleifera</i> | Biji | 30 – 49 |
| 8 | Kacang Tanah | <i>Aleurites moluccana</i> | Inti biji | 57 – 69 |
| 9 | Kusambi | <i>Sleichera trijuga</i> | Sabut | 55 – 70 |
| 10 | Nimba | <i>Azadiruchta indica</i> | Inti biji | 40 – 50 |
| 11 | Saga Utan | <i>Adenantha pavonina</i> | Inti biji | 14 – 28 |
| 12 | Sawit | <i>Elais suincencis</i> | Sabut dan biji | 45-70+46-54 |
| 13 | Nyamplung | <i>Callophyllum lanceatum</i> | Inti biji | 40 – 73 |
| 14 | Randu Alas | <i>Bombax malabaricum</i> | Biji | 18 – 26 |
| 15 | Sirsak | <i>Annona murucata</i> | Inti biji | 20 – 30 |
| 16 | Srikaya | <i>Annona squosa</i> | Biji | 15 – 20 |

3 Sumber: Wirawan, (2007)

4

5 Salah satu sumber minyak nabati yang potensial sebagai bahan baku biodiesel adalah
6 minyak kelapa. Jumlah produksi kelapa di Lampung pada tahun 2012 sebesar 113,2
7 ton, tahun 2013 sebesar 113,52 ton, tahun 2014 sebesar 109,16 ton. Sedangkan
8 produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 2.938,41 ton, tahun 2013 sebesar
9 3.051,58 ton, dan pada tahun 2014 sebesar 3.031,31 ton (Badan Pusat Statistik, 2015).
10 Karena kandungan asam lemak bebas atau FFA (*free fatty acid*) minyak kelapa kurang
11 dari 5%, maka pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dapat dilakukan dengan proses
12 transesterifikasi langsung seperti pembuatan biodiesel pada umumnya. Biodiesel dari
13 minyak kelapa merupakan bahan bakar yang cocok untuk mesin diesel karena memiliki
14 rantai hidrokarbon jenuh cukup besar (Padil dkk, 2010).

1 Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah
2 pengadukan, suhu, katalis, lama reaksi, dan perbandingan molar pereaksi (Darnoko and
3 Cheryan, 2000; Azocar, 2007; Awaluddin dkk. 2009). Kenaikan suhu akan
4 menyebabkan gerakan molekul semakin cepat, keadaan ini menyebabkan kecepatan
5 reaksi semakin meningkat sehingga konversinya meningkat juga (Kartika dan
6 Widyaningsih, 2012). Suhu yang rendah dapat menghasilkan konversi yang lebih tinggi
7 namun dengan waktu reaksi yang lebih lama (Destianna, 2007). Semakin banyak
8 katalis yang digunakan maka semakin banyak ion metoksida yang terbentuk dan
9 semakin besar konversi minyak kelapa menjadi biodiesel (Putri dkk. 2012). Menurut
10 Sinaga dkk. (2013) semakin tinggi waktu dan suhu reaksi maka rendemen biodiesel
11 yang diperoleh akan semakin tinggi dan karakteristik biodiesel akan semakin baik.
12 Sedangkan untuk perbandingan rasio molar akan berpengaruh terhadap kualitas dan
13 rendemen biodiesel yang dihasilkan, semakin tinggi rasio molar yang diberikan maka
14 semakin besar rendemen biodiesel yang dihasilkan (Desiyana dkk., 2014).

15
16 Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio molar minyak terhadap
17 metanol dan durasi reaksi terhadap rendemen biodiesel dari minyak kelapa melalui
18 reaksi transesterifikasi basa.

2. BAHAN DAN METODA

21 2.1 Waktu dan Tempat

22 Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei 2016 sampai dengan Agustus 2016 bertempat di
23 Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian,
24 Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

25

1 **2.2 Alat dan Bahan**

2 Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah *hotplate* dan *stirrer*, pipet tetes,
3 *aluminium foil*, labu Erlenmeyer, gelas ukur, piknometer, timbangan analitik, spatula,
4 *stopwatch*, sarung tangan, masker, dan *falling balls viscometers (Gilmont Instruments*
5 *GV-2100)*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah
6 minyak kelapa, metanol, NaOH, dan aquades. Minyak kelapa dibeli dari toko terdekat.
7 Minyak kelapa berwarna jernih dan memiliki massa jenis 0,9115 gr/ml.

8 **2.3 Rancangan Percobaan**

10 Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C dengan katalis NaOH 0,35 gram per
11 100 ml minyak kelapa. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pemberian variasi rasio
12 molar minyak :metanol (1:3, 1:4, 1:5, 1:6), durasi reaksi (15, 30, dan 60 menit).
13 Masing-masing perlakuan dilakukan menggunakan minyak kelapa sebanyak 100 ml dan
14 Diulang tiga kali.

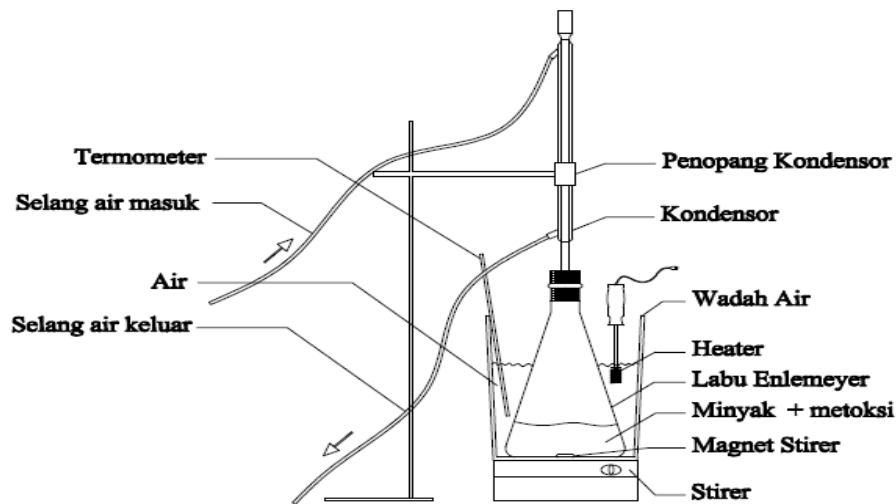
15 **2.4 Prosedur Penelitian**

16 Pembuatan biodiesel dilakukan menggunakan peralatan seperti pada Gambar 1.

17 Penelitian dilakukan meliputi beberapa tahap, yaitu:

- 18 1. Sejumlah metanol (sesuai dengan perbandingan molar yang dikehendaki)
19 dicampur dengan 0,35 gr NaOH dan diaduk rata hingga semua partikel NaOH
20 larut untuk menghasilkan larutan metoksida.
- 21 2. 100 ml minyak kelapa dimasukkan kedalam labu Erlenmeyer 500-ml dan
22 diletakkan diatas *hotplate stirrer* dan dipanaskan hingga minyak mencapai suhu
23 yang diinginkan (60°C). Kemudian membuat larutan metoksi dimasukkan
24 kedalam minyak kelapa dan diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama waktu

- 1 yang telah ditentukan. Selama proses, larutan diaduk dengan stirrer pada
 2 kecepatan sedang dan labu Erlenmeyer dilengkapi dengan kondensor.
- 3 3. Larutan dibiarkan mengendap selama 24 jam agar terjadi pemisahan biodiesel
 4 dengan gliserol.
- 5 4. Biodiesel dipisahkan dari gliserol dan dicuci beberapa kali dengan air aquades
 6 hangat. Pencucian dihentikan jika biodiesel sudah jernih (ditandai air cucian
 7 sudah bening).



8
 9 Gambar 1. Rangkaian alat pembuatan biodiesel

10
 11 **2.4 Pengamatan dan Pengukuran**

12 **2.4.1 Rendemen Biodiesel**

13 Rendemen biodiesel dihitung dengan menggunakan Pers. (1):

14
$$\text{Rendemen} = \frac{\text{bobot biodiesel setelah pencucian (gram)}}{\text{bobot minyak kelapa (gram)}} \times 100\% \quad (1)$$

15 **2.4.2 Massa Jenis**

16 Massa jenis biodiesel diukur menggunakan piknometer dan dihitung dengan Pers. (2):

$$\rho_{\text{biodiesel}} = \frac{m \text{ (gram)}}{v \text{ (ml)}} \quad (2)$$

Dimana $\rho_{\text{biodiesel}}$ adalah massa jenis biodiesel (g/l), m adalah massa biodiesel (g), dan v adalah volume biodiesel (ml)

2.4.3 Viskositas Biodiesel

Viskositas biodiesel (μ) diukur dengan alat *falling ball viscometer* dan nilainya dihitung dengan Pers. (3):

$$\mu = k (\rho_{\text{bola}} - \rho_{\text{biodiesel}}) t_0 \quad (3)$$

dimana k adalah konstanta, ρ_{bola} adalah massa jenis bola *stainless steel* (8,02 g/ml), dan t_0 adalah waktu yang diperlukan bola untuk jatuh bebas dalam cairan biodiesel. Nilai k diperoleh dari bahan yang sudah diketahui nilai viskositasnya (dalam hal ini air) dan diperoleh $k = 0,43 \text{ cm}^5/\text{g}\cdot\text{s}^2$.

2.5. Analisis

Analisis sidik ragam dilakukan menggunakan perangkat lunak SAS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rendemen Biodiesel

Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh data seperti disajikan pada (Tabel 4). Analisis Sidik Ragam (Tabel 5) menunjukkan bahwa faktor rasio molar dan interaksi faktor rasio molar dengan durasi reaksi tidak berpengaruh signifikan (pada taraf $\alpha 0,05$) terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan. Sebaliknya, faktor durasi perlakuan signifikan terhadap rendemen biodiesel.

1 Tabel 4. Rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan dari
 2 kombinasi faktor rasio molar dan durasi reaksi (rata-rata dari 3 ulangan).

3

| Percobaan | Rasio Molar | Durasi (menit) | Rendemen (%) | Massa Jenis (gram/ml) | Viskositas (cSt) |
|-----------|-------------|----------------|--------------|-----------------------|------------------|
| 1 | 3 mol | 15 | 60,06 | 0,873 | 4,33 |
| 2 | 3 mol | 30 | 60,06 | 0,873 | 4,01 |
| 3 | 3 mol | 60 | 66,60 | 0,871 | 3,94 |
| 1 | 4 mol | 15 | 57,73 | 0,867 | 3,63 |
| 2 | 4 mol | 30 | 72,31 | 0,867 | 3,39 |
| 3 | 4 mol | 60 | 77,24 | 0,865 | 3,40 |
| 1 | 5 mol | 15 | 57,47 | 0,867 | 3,53 |
| 2 | 5 mol | 30 | 66,70 | 0,868 | 3,62 |
| 3 | 5 mol | 60 | 78,36 | 0,863 | 3,24 |
| 1 | 6 mol | 15 | 65,82 | 0,865 | 3,38 |
| 2 | 6 mol | 30 | 72,59 | 0,862 | 3,13 |
| 3 | 6 mol | 60 | 80,06 | 0,862 | 3,40 |

4

5

6 Tabel 5. Analisis sidik ragam faktor perlakuan terhadap rendemen biodiesel

7

| Source | DF | Square | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------|----------------|
| Model | 12 | 2210.31 | 184.19 | 4.06 | 0.0019 |
| Error | 23 | 1044.66 | 45.42 | | |
| Corrected Total | 35 | 3254.96 | | | |
| R-Square | Coeff Var | Root MSE | Respon 1 Mean | | |
| 0,67 | 9,83 | 6.73 | 68.52 | | |
| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Faktor Molar | 3 | 5.86 | 1.95 | 0.04 | 0.9878 |
| Faktor Durasi | 3 | 1520.94 | 506.98 | 11.16 | 0.0001* |
| Molar × Durasi | 6 | 683.49 | 113.91 | 2.51 | 0.0514 |

8

*Signifikan

9

10 Uji BNT 5% menunjukkan bahwa rendemen biodiesel meningkat terhadap waktu
 11 dengan rendemen rata-rata tertinggi 75,56% terjadi pada durasi 60 menit. Sedangkan
 12 rendemen biodiesel terendah dihasilkan pada durasi 15 menit yaitu sebesar 60,27%
 13 (Tabel 6). Hasil ini tidak terlalu jauh dengan penelitian Putri dkk (2012) yang

1 menghasilkan rendemen biodiesel dari minyak kelapa sebesar 85,66% pada durasi 60
 2 menit. Semakin lama waktu reaksi, pembentukan metil ester semakin baik, sehingga
 3 gliserol dan emulsi yang terbentuk akan turun. Pada penelitian Sipahutar dan Tobing
 4 (2013) menggunakan 100 gram minyak jarak dengan 20 gram metanol dan katalis
 5 NaOH menghasilkan biodiesel tertinggi pada suhu 60° sebesar 98,8% dan untuk
 6 pengaruh waktu mengasilkan biodiesel tertinggi pada waktu 120 menit sebesar 99,2 %.

7 Tabel 6. Hasil uji BNT rendemen biodiesel pada taraf $\alpha = 0,05$.

| Durasi (menit) | Rendemen (%) | | | | Rata-Rata | Group |
|----------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|----------|
| | 3 Mol | 4 Mol | 5 Mol | 6 Mol | | |
| 15 | 60,06 | 57,73 | 57,47 | 65,82 | 60,27 | a |
| 30 | 60,06 | 72,31 | 66,70 | 72,59 | 67,91 | b |
| 60 | 66,60 | 77,24 | 78,36 | 80,06 | 75,56 | c |

8 *Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak
 9 berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

10

11 3.2 Massa Jenis Biodiesel

12 Salah satu sifat kimia yang dianalisis pada penelitian ini yaitu massa jenis biodiesel.
 13 Analisis Sidik Ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa faktor rasio molar berpengaruh
 14 signifikan (berbeda nyata pada taraf $\alpha 0,05$) terhadap massa jenis biodiesel. Uji BNT
 15 5% menunjukkan bahwa massa jenis biodiesel menurun terhadap rasio molar dengan
 16 massa jenis tertinggi 0,872 gr/ml terjadi pada rasio molar 1:3 dan massa jenis terendah
 17 dihasilkan pada rasio molar 1:6 yaitu sebesar 0,863 gr/ml (Tabel 8). Faktor durasi tidak
 18 berpengaruh terhadap massa jenis biodiesel yang dihasilkan. Interaksi faktor rasio
 19 molar dengan durasi reaksi tidak berpengaruh signifikan (pada taraf $\alpha = 0,05$) terhadap
 20 massa jenis biodiesel yang dihasilkan. Hasil penelitian padil dkk (2010) biodiesel yang
 21 diperoleh dari minyak kelapa menghasilkan massa jenis 0,86 gr/ml. Nilai massa jenis
 22 biodiesel yang dihasilkan berada dalam kisaran standar mutu biodiesel Indonesia (SNI)

- 1 yaitu 0,85 – 0,89 gram/ml. Biodiesel dengan mutu yang tidak sesuai SNI sebaiknya
 2 tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan emisi, dan menyebabkan
 3 kerusakan pada mesin (Satriana, 2012).

4 Tabel 7. Analisis sidik ragam faktor perlakuan terhadap massa jenis biodiesel

| Source | DF | Square | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------|----------------|
| Model | 11 | 0.0006 | 0.00005 | 3.44 | 0.0055 |
| Error | 24 | 0.0004 | 0.00001 | | |
| Corrected Total | 35 | 0.0010 | | | |
| R-Square | Coeff Var | Root MSE | Respon 1 Mean | | |
| 0,611860 | 0.471 | 0.004 | 0.866 | | |
| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Faktor Molar | 3 | 0.0004 | 0.0001 | 9.59 | 0.0003* |
| Faktor Durasi | 2 | 0.00008 | 0.00004 | 2.67 | 0.0900 |
| Molar × Durasi | 6 | 0.00006 | 0.00001 | 0.67 | 0.6772 |

5 ***Signifikan**

6
 7 Tabel 8. Hasil uji BNT massa jenis biodiesel pada taraf $\alpha = 0,05$.

| Molaritas | Massa Jenis Pada Durasi Ke- | | | Rata – rata | Group |
|-----------|-----------------------------|----------|----------|-------------|-----------|
| | 15 menit | 30 menit | 60 menit | | |
| 3 | 0,873 | 0,873 | 0,871 | 0,872 | a |
| 4 | 0,867 | 0,867 | 0,865 | 0,866 | ab |
| 5 | 0,867 | 0,868 | 0,864 | 0,866 | b |
| 6 | 0,865 | 0,862 | 0,862 | 0,863 | c |

8 *Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak
 9 berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

10

11 **3.3 Viskositas Biodiesel**

12 Dari penelitian didapat data viskositas untuk minyak kelapa yaitu 28,01cP atau 30,73
 13 cSt. Salah satu tujuan transesterifikasi yaitu menurunkan viskositas minyak nabati

1 sehingga memenuhi standar bahan bakar diesel. Viskositas yang rendah menunjukkan
 2 bahwa mutu biodiesel yang dihasilkan semakin berkualitas. Biodiesel yang dihasilkan
 3 memiliki viskositas antara 3,13 hingga 4,33 cSt. Sedangkan hasil penelitian Padil,dkk
 4 (2010) menghasilkan biodiesel dari minyak kelapa dengan viskositas sebesar 2,44 cSt.
 5 Hasil ini menunjukkan bahwa viskositas biodiesel yang dihasilkan dari minyak kelapa
 6 memenuhi standar SNI (2,0 – 6,0 cSt). Sebagai perbandingan, Tabel 9 memberikan
 7 nilai viskositas biodiesel dari berbagai jenis bahan baku yang sangat mendekati
 8 viskositas minyak solar.

9
 10 Tabel 9. Perbandingan viskositas biodiesel dari berbagai jenis bahan baku

| Bahan Baku | Viskositas Biodiesel (cSt) | Referensi |
|---------------|-------------------------------|----------------------|
| Biji Sawit | 3,2 | Aziz (2011) |
| Jarak Pagar | 3,72 – 5,81 | Sumangat (2008) |
| Biji Karet | 4,57 | Susila (2009) |
| Minyak kelapa | 3,13-4,33 | Hasil penelitian ini |

11
 12 Analisis Sidik Ragam (Tabel 10) menunjukkan bahwa faktor rasio molar berpengaruh
 13 signifikan (berbeda nyata pada taraf α 0,05) terhadap viskositas biodiesel. Uji BNT 5%
 14 menunjukkan bahwa viskositas menurun terhadap rasio molar dengan viskositas tertinggi
 15 4,09 cSt terjadi pada rasio molar 1:3 berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya.
 16 Sedangkan pada rasio molar 1:4, 1:5, dan 1:6 tidak berbeda nyata (Tabel 11). Faktor
 17 durasi juga berpengaruh signifikan (berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$) terhadap
 18 viskositas biodiesel. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa viskositas menurun terhadap
 19 durasi reaksi dengan viskositas tertinggi 3,71 cSt terjadi pada durasi reaksi 15 menit.
 20 Sedangkan pada faktor durasi 30 dan 60 menit perlakuan tidak berbeda nyata.
 21 Viskositas biodiesel terendah diperoleh pada durasi 60 menit sebesar 3,49 cSt (Tabel

- 1 11). Sedangkan interaksi faktor rasio molar dengan durasi reaksi tidak berpengaruh
2 signifikan (pada taraf $\alpha = 0,05$) viskositas biodiesel yang dihasilkan.

3
4 Tabel 10. Hasil sidik ragam viskositas biodiesel

| Source | DF | Square | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------------|-----------|-----------|---------------|---------|---------|
| Model | 11 | 5.52 | 0.50 | 6.75 | <.0001 |
| Error | 24 | 1.78 | 0.07 | | |
| Corrected Total | 35 | 7.31 | | | |
| R-Square | Coeff Var | Root MSE | Respon 1 Mean | | |
| 0.75 | 7.55 | 0.27 | 3.61 | | |
| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Faktor Molar | 3 | 4.13 | 1.37 | 18.50 | <.0001* |
| Faktor Durasi | 2 | 0.93 | 0.46 | 6.25 | 0.0065* |
| Molar \times Durasi | 6 | 0.46 | 0.07 | 1.05 | 0.4211 |

5 *Signifikan

6 Tabel 11. Hasil uji BNT viskositas biodiesel pada taraf $\alpha = 0,05$.

| Molaritas | Durasi | | | Rata-rata | Group |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| | 15 menit | 30 menit | 60 menit | | |
| 3 mol | 4,33 | 4,01 | 3,94 | 4,09 | a |
| 4 mol | 3,63 | 3,39 | 3,4 | 3,47 | b |
| 5 mol | 3,53 | 3,62 | 3,24 | 3,46 | b |
| 6 mol | 3,38 | 3,13 | 3,40 | 3,30 | b |
| Rata-rata | 3,71 | 3,53 | 3,49 | | |
| Group | a | B | B | | |

7 *Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam baris atau kolom yang sama berarti
8 tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

9 4. KESIMPULAN DAN SARAN

10 11 4.1 Kesimpulan

12 Dari penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil, yaitu :

- 1 1. Minyak kelapa dapat dijadikan bahan baku dalam pembuatan biodiesel.
- 2 2. Biodiesel yang dihasilkan memiliki karakteristik massa jenis berkisar antara 0,86
- 3 – 0,87 gram/ml (sesuai dengan SNI yaitu 0,85 – 0,89 gram/ml) dan viskositas
- 4 berkisar antara 3,30 – 4,09 cSt, (sesuai dengan SNI 2,3 – 6 cSt).
- 5 3. Faktor durasi berpengaruh terhadap rendemen dan viskositas biodiesel yang
- 6 dihasilkan. Sedangkan faktor rasio molar berpengaruh terhadap massa jenis
- 7 biodiesel dan viskositas biodiesel yang dihasilkan.
- 8 4. Rendemen biodiesel paling tinggi terjadi pada durasi reaksi 60 menit
- 9 menghasilkan 75,56%, dan rendemen terendah terjadi pada durasi reaksi 15
- 10 menit menghasilkan 60,27%.

11

12 **4.2 Saran**

13 Pengujian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengetahui penggunaan biodiesel
14 sebagai bahan bakar mesin dan perlu dilakukan perhitungan kinetika.

15

5. DAFTAR PUSTAKA

- 16 Awaluddin, A., Suryono, S. Nelvia, dan Wahyuni. 2009. Faktor-faktor yang
17 mempengaruhi produksi biodiesel dari minyak sawit mentah menggunakan katalis
18 padat kalsium karbonat yang dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 11(2): 129 –
19 134.
- 20
- 21 Aziz, I., S.Nurbayti, dan B.Ullum. 2011. Pembuatan produk biodiesel dari minyak
22 goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Valensi*. Vol. 2(3) : 443 –
23 448.
- 24
- 25 Azocar, L., E. Scheuermann, P. Hiodalgo, R. Betancourt, and R. Navia. 2007. Biodiesel
26 production from rapeseed oil with waste frying oils. *ISWA Conference Proceedings*.
27 19 hlm. www.iswa.org/uploads/tx.../594670_paper.pdf (diakses pada tanggal 31
28 Agustus 2016).
- 29

- 1 Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2014. *Outlook energi Indonesia 2014*.
2 Jakarta. 117 hlm.
- 3
- 4 Badan Pusat Statistik. 2015. *Produksi tanaman perkebunan menurut provinsi dan jenis*
5 *tanaman*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/839>. (diakses pada
6 tanggal 17 April 2016).
- 7
- 8 British Petroleum. 2015. *BP Statistical Review of World Energy June 2015*.
9 [https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-](https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf)
10 [2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf). (diakses tanggal
11 13 september 2016).
- 12
- 13 Darnoko, D and M. Cheryan. 2000. Continuous Production of Palm Metyl Ester. *J. Am.*
14 *Oil Chem. Soc.* Vol. 77: 1269 – 1272.
- 15
- 16 Desiyana, V., A. Haryanto, S. Triyono. 2014. Pengaruh rasio molar dan waktu reaksi
17 terhadap hasil dan mutu biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dengan gelombang
18 ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol.3(1) :49 – 50.
- 19
- 20 Firdaus, I.U. 2010. *Usulan teknis pembuatan biodiesel dari minyak jelantah*.
21 PT. Nawapanca Engineering: Bandung. Laporan.
- 22
- 23 Kartika, D dan S. Widyaningsih. 2012. Konsentrasi katalis dan suhu optimum pada
24 reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit alam aktif (ZAH) dalam pembuatan
25 biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 14(3). 219 – 226.
- 26
- 27 Padil, S. Wahyuningsih dan A. Awaluddin. 2010. Pembuatan biodiesel dari minyak
28 kelapa melalui reaksi metanolisis menggunakan katalis CaCO_3 yang dipijarkan.
29 *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 13(1): 27 – 32.
- 30
- 31 Putri, S.K., Supranto, dan R. Sudiyo. 2012. Studi proses pembuatan biodiesel dari
32 minyak kelapa (*coconut oil*) dengan bantuan gelombang ultrasonik. *Jurnal*
33 *Rekayasa Proses*. Vol. 6(1) : 20 – 25.
- 34
- 35 Satriana., N. E. Husna, Desrina dan M. D. Supardan. 2012. Karakteristik biodiesel
36 hasil transesterifikasi minyak jelantah menggunakan teknik kavitasasi hidrodinamik.
37 *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. Vol. 4(2):15 – 20.
- 38
- 39 Sinaga, S.V., A. Haryanto, S. Triyono. 2013. Pengaruh suhu dan waktu reaksi pada
40 proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian*
41 *Lampung*. Vol. 3(1): 27 – 34.
- 42

- 1 Sipahutar, R., dan H.L.L.Tobing. 2013. Pengaruh variasi suhu dan waktu konversi
2 biodiesel dari minyak jarak terhadap kuantitas biodiesel yang dihasilkan. *Jurnal*
3 *Rekayasa Mesin*. Vol. 13(1) : 15 – 20.
4
- 5 Sirvastava, A., and R. Prasad. 2000. Triglycerides based biodiesel fuels. *Renewable*
6 *and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 4:111 – 133.
7
- 8 Sumangat, D. dan T. Hidayat. 2008. Karakteristik metil ester minyak jarak pagar hasil
9 proses transesterifikasi satu dan dua tahap. *Jurnal Pascapanen*. Vol. 5(2):18 – 26.
10
- 11 Susila, I. W. 2009. Pengembangan Proses Produksi Biodiesel Biji Karet Metode Non-
12 Katalis “*Superheated Methanol*” pada Tekanan Atmosfir. *Jurnal Teknik Mesin*.
13 Vol. 11(2):115 – 124.
14
- 15 Syamsudin, M. 2010. *Membuat sendiri biodiesel bahan bakar alternatif pengganti*
16 *solar*. Yogyakarta. 46 hlm.
17
- 18 Wirawan, S. S. 2007. Future Biodiesel Research in Indonesia. *Asian Science and*
19 *Tecnology Seminar*. BPPT, Jakarta, 8 Maret 2007.