



**KONTRAK PENELITIAN
FUNDAMENTAL
Tahun Anggaran 2017
Nomor: 610/UN26.21/KU/2017**

Pada hari ini Rabu tanggal Tujuh bulan Juni tahun Dua Ribu Tujuh Belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Warsono, Ph.D** : Ketua LPPM, Universitas Lampung, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Lampung, yang berkedudukan di Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Ir. Agus Haryanto, M.P** : Dosen Fakultas PERTANIAN Universitas Lampung, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2017 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak FUNDAMENTAL Tahun Anggaran 2017 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan FUNDAMENTAL Tahun Anggaran 2017 dengan judul "Kinetika Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Transesterifikasi Basa Yang Diperkuat Gelombang Mikro Dan Gelombang Ultrasonik"

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp. 95.124.000,- (Sembilan Puluh Lima Juta Seratus Dua Puluh Empat Ribu Rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2017, tanggal 06 Desember 2016.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
- a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp. } 95.124.000,- = \text{Rp. } 66.586.800,-$ (*Enam Puluh Enam Juta Lima Ratus Delapan Puluh Enam Ribu Delapan Ratus Rupiah*), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK PERTAMA** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp. } 95.124.000,- = \text{Rp. } 28.537.200,-$ (*Dua Puluh Delapan Juta Lima Ratus Tiga Puluh Tujuh Ribu Dua Ratus Rupiah*), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
 - c. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama : Ir. Agus Haryanto, M.P
Nomor Rekening : 0125367311
Nama Bank : BNI

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak Tanggal 13 April 2017 dan berakhir pada Tanggal 31 Oktober 2017

Pasal 5
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa :
- a. Pembuatan Biodisel dari minyak jelantah dan menyusun model kinetika reaksi transesterifikasi yang dibantu dengan gelombang mikro.
 - b. Publikasi ilmiah jurnal nasional
 - c. Publikasi ilmiah jurnal Internasional

- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa :
-. Tidak Ada
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6 **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
 - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran **FUNDAMENTAL** dengan judul “Kinetika Sintesis Biodisel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Transesterifikasi Basa Yang Diperkuat Gelombang Mikro Dan Gelombang Ultrasonik” dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7 **Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat 30 Agustus 2017.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat 8 September 2017
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat 31 Oktober 2017 (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor : 071 /SP2U/LT/DRPM/IV/2017

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2017 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9
Penilaian Luaran

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/Reviewer Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10
Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12

Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13

Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14

Pajak-Pajak

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 15

Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Lampung sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

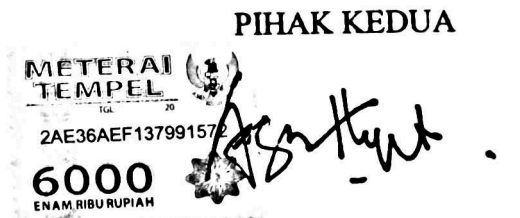
Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Irwan Sukri Banua, Ph.D
NIDN: 0016026303

PIHAK KEDUA



Ir. Agus Haryanto, M.P
NIDN: 0027056503

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS PERTANIAN



Dr. Irwan Sukri Banua M.Si
NIDN: 0020106104

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 163/Teknologi Pertanian

**LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



JUDUL PENELITIAN:

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

Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun

Dibiayai oleh:

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor: 071/SP2H/LT/DRPM/IV/2017585**

Ketua Pengusul:

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

Anggota:

Dr. Mareli Telaumbanua, M.P (NIDN. 0025038803)

**UNIVERSITAS LAMPUNG
NOVEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

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

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : 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 MARELI TELAUMBANUA S.TP, M.Sc.
NIDN : 0025038803
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 88,457,800
Biaya Keseluruhan : Rp 155,124,000



Mengetahui,
Wakil Dekan I, Fak. Pertanian

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

Kota Bandar Lampung, 13 - 11 - 2017
Ketua,

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

Menyetujui,
Ketua LPPM Universitas Lampung



(Warsono, Ph.D)
NIP/NIK 196302161987031003

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 usaha kecil (pedagang gorengan) di Bandar Lampung. Minyak jelantah ini diendapkan dan dipisahkan dari partikel padat. Transesterifikasi dilakukan menggunakan pereaksi metanol pada rasio molar terhadap bahan baku 4:1, katalis NaOH 0,5% berat minyak jelantah. Setiap unit percobaan dilakukan dengan 100 gram minyak jelantah dan dengan tiga kali ulangan.

Penelitian tahun kedua ditujukan untuk mengetahui pengaruh pemberian gelombang ultrasonik dengan frekwensi 20 dan 40 Hz dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Rancangan penelitian menggunakan variasi suhu 30, 40, 50, dan 60°C yang dikombinasikan dengan variasi lama reaksi 0,5, 1, 2, 3, 5, 6, dan 10 menit. Setelah pengendapan sekitar 1 hari, biodiesel kemudian dicuci dengan aquades hangat hingga bersih.

Parameter utama yang dianalisis untuk menyusun model kinetika adalah rendemen biodiesel. Sebagai informasi tambahan, parameter lain yang diamati meliputi viskositas biodiesel, masa jenis biodiesel, bilangan asam biodiesel, dan nilai energi (*heating value*). Komposisi kimia untuk minyak jelantah dan biodiesel juga akan dianalisis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan ultrasonic bath cleaner dengan frekwensi 40 kHz tidak baik digunakan sebagai sumber gelombang ultrasonik untuk membantu proses pembuatan biodiesel. Hal ini terlihat dari efek yang ditimbulkannya, dimana gelombang yang dihasilkan tidak mampu mencampur-adukkan minyak jelantah dengan metanol. Akibatnya, biodiesel yang dihasilkan justru lebih sedikit (hanya 62,54%) dibandingkan dengan metode konvensional (mencapai 76,6%). Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya akan kita gunakan ultrasonicator probe yang langsung dipaparkan ke permukaan campuran minyak dan larutan metoksida. Hasil pengujian dengan ultrasonicator mampu menciptakan putaran arus dari atas ke bawah cairan.

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

PRAKTA

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga memberikan kekuatan bagi kami untuk melaksanakan penelitian ini dengan sebaik-baiknya.

Laporan Kemajuan ini dibuat sebagai pertanggungjawaban kami atas hibah penelitian yang kami peroleh dari skim FUNDAMENTAL yang berjudul KINETIKA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI BASA YANG DIPERKUAT GELOMBANG MIKRO DAN GELOMBANG ULTRASONIK. Hingga laporan ini dibuat, penelitian ini sudah menyelesaikan 100%. Meskipun demikian kami masih terus menyempurnakan beberapa makalah yang sudah diseminarkan untuk dipublikasi di jurnal terakreditasi.

Kami berharap laporan ini bermanfaat baik bagi kami maupun institusi Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 13 November 2017

Ketua Peneliti

Dr. Ir. Agus Haryanto, MP.

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Urgensi Penelitian	1
1.2. Temuan yang Ditargetkan	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Biodiesel	3
2.2. Bahan Baku Biodiesel	4
2.3. Sintesis Biodiesel	5
2.4. Kinetika Transesterifikasi	6
2.5. Aplikasi Gelombang Mikro dan Ultrasonik pada Sintesis Biodiesel	7
2.6. Roadmap	8
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
3.1. Tujuan Penelitian	10
3.2. Manfaat Penelitian	10
BAB 4. METODE PENELITIAN	11
4.1. Waktu dan Tempat Penelitian	11
4.2. Bahan dan Alat	12
4.3. Metode Penelitian	12
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	14
5.1. Hasil	14

5.2. Luaran Penelitian	16
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	17
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	18
7.1. Kesimpulan	18
7.2. Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	21

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1. Perkembangan konsumsi minyak goreng di Indonesia.....	2
Tabel 2. Karakteristik minyak goreng bekas	7
Tabel 3. Roadmap penelitian biodiesel dari minyak jelantah	10
Tabel 4. Karakteristik minyak jelantah	12
Tabel 5. Rendemen (%) biodiesel pada proses transesterifikasi dengan bantuan ultrasonic bath cleaner	18

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1. Reaksi transesterifikasi	5
Gambar 2. Diagram fish bone tahapan penelitian hingga tahun 2017	9
Gambar 3. Bath cleaner yang digunakan sebagai penghasil gelombang ultrasonic	13
Gambar 4. Ultrasonicator probe yang akan digunakan sebagai penghasil gelombang ultrasonic.....	13

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1. Surat Pernberitahuan dan Penerbitan Makalah Jurnal JTEP	21
Lampiran 2. Draft makalah revisi untuk Jurnal JTEP (Terakreditasi)	22
Lampiran 3. Draft makalah seminar internasional ISAE 2017	36
Lampiran 4. Paper pada JTEP Vol. 5, No. 3: 157- 166, 2016	41

BAB 1. PENDAHULUAN

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.

1.1 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.

Potensi minyak jelantah Indonesia cukup besar karena konsumsi minyak goreng yang meningkat. Sebagai contoh, konsumsi minyak goreng satu keluarga di Bogor mencapai 3L/bulan (36L/tahun) plus 25% konsumsi minyak goreng di restaurant dan penjaja makanan (Fujita dkk., 2013). 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.

1.2 Temuan yang Ditargetkan

Temuan yang ditargetkan dari penelitian adalah teori baru mengenai kinetika transesterifikasi minyak jelantah yang diperkuat gelombang mikro dan gelombang ultrasonic. Temuan ini diharapkan mempunyai kontribusi pada bidang ilmu dan untuk mendukung pengembangan IPTEKS biodiesel.

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.

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:	C14:0	% berat	1.3
		C16:0	% berat	38.5
		C18:0	% berat	5.6
		C18:1	% berat	45.7
		C18:2	% berat	8.8

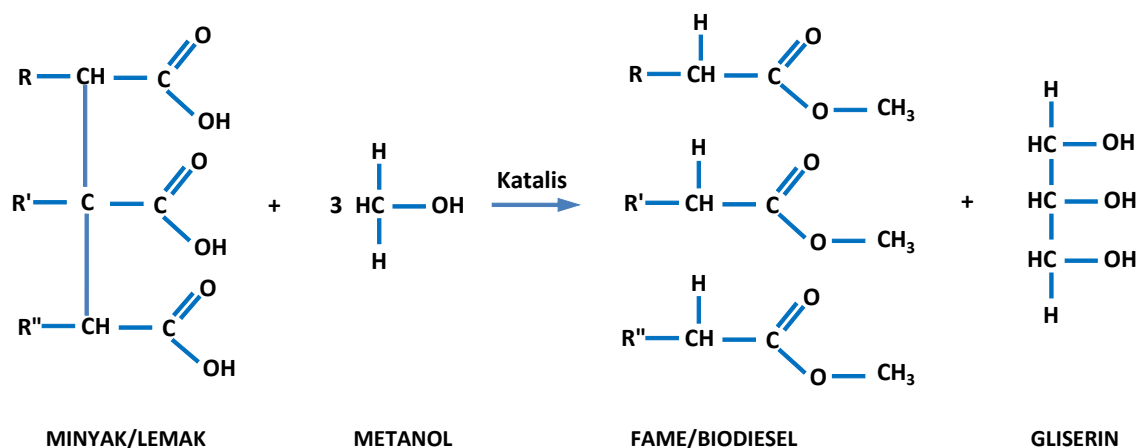
Sumber : Kheang (2006)

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.

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.

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



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi

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.

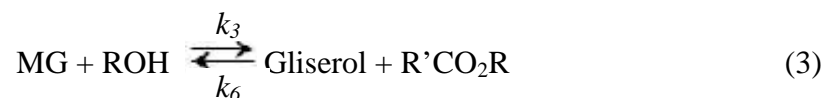
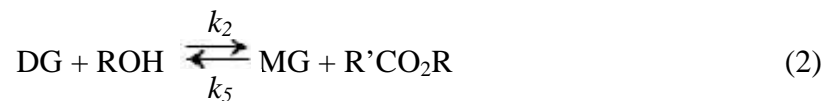
Proses transesterifikasi dengan katalis asam sesuai untuk minyak yang memiliki kandungan FFA tinggi. Reaksi ini akan berlangsung lambat dan diperlukan rasio molar alkohol:minyak yang tinggi (bisa lebih dari 30:1). Canakci dan van Gerpen (1999)

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-imbobilisasi 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). Reaksi total transesterifikasi seperti diberikan dalam Gambar 1 dapat dinyatakan secara parsial 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. Beberapa 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:

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

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

Konsentrasi NAE pada $t = 0$ adalah $[NAE_0]$ dan pada $t = t$ adalah $[NAE_t]$, dimana $[NAE_0] > [NAE_t]$. Integrasi Pers. (3) menghasilkan:

$$-\int_{NAE_t}^{NAE_0} \frac{d[NAE]}{[NAE]} = k \int_0^t dt \quad (6)$$

Atau

$$-\ln \frac{[NAE_t]}{[NAE_0]} = kt \quad (7)$$

Ploting Pers. (5) dengan t sebagai absis dan nilai negatif logaritma alam dari $[NAE_t]/[NAE_0]$ 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 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 ini memerlukan waktu dan energi yang cukup besar. Selain itu, trigliserida dan alkohol tidak bercampur sehingga diperlukan pengadukan mekanis untuk meningkatkan intensitas pencampuran.

Gelombang ultrasonik memiliki frekwensi sekitar 20 kHz dan tidak dapat terdengar oleh manusia. Gelombang ultrasonik pada frekwensi rendah dapat digunakan untuk menghasilkan emulsi dari cairan yang immiscible. Kavitasasi 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 ini akan tercipta radikal-radikal (akibat dekomposisi monomer, pelarut atau putusya rantai polimer) yang mampu menginisiasi reaksi kimia (Xia dkk., 2002).

Efek ini dapat dimanfaatkan pada reaksi transesterifikasi. Pemberian gelombang ultrasonik dapat mengurangi energi untuk proses pemanasan dan pengadukan. Karena reaksi dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah maka konversi akan meningkat. Ji dkk. (2006) melaporkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik pada pembuatan biodiesel dapat mempercepat reaksi akibat terjadinya emulsifikasi dan kavitasi dari sistem campuran yang immiscible. Stavarache dkk. (2003) juga melaporkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik (frekwensi 40 kHz) pada pembuatan biodiesel dari minyak makan jernih mampu mempercepat proses dari 60 menit (dengan pengadukan saja) menjadi hanya 20 menit. Singh dkk. (2007) menyatakan 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 berslangsung 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	<p><i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah</i></p> <p>(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)</p>
2013	<p><i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Ultrasonik</i></p> <p>(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)</p>
2014	<p><i>Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Mikro</i></p> <p>(Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., Prabawa, S. 2015. Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro : Pengaruh Intensitas Daya dan Lama Reaksi, <i>Agritech 2015 accepted</i>)</p>
2016	<p><i>Kinetika Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Ultrasonik</i></p>
2017	<p><i>Kinetika Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan bantuan gelombang Mikro</i></p>
.....	<p><i>Produksi biodiesel dari minyak Jelantah</i></p>

Catatan: 2017 dan seterusnya akan dikerjakan

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

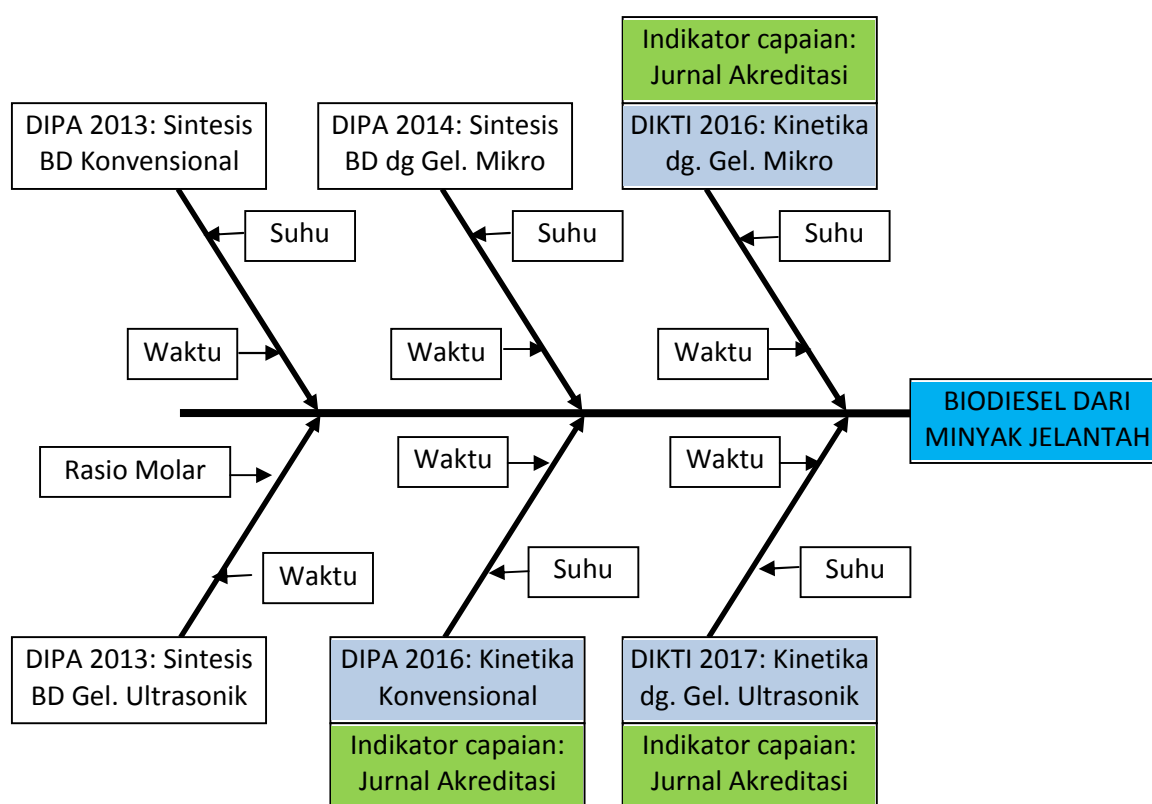
- a. Mengetahui pengaruh suhu dan lama reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan menentukan parameter kinetika reaksi transesterifikasi konvensional.
- b. Mengetahui pengaruh suhu dan lama reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan menentukan parameter kinetika reaksi transesterifikasi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

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian bermanfaat dalam memperkaya kasanah ilmu yang terkait dengan kinetika proses sintesis biodiesel dari minyak jelantah. Parameter kinetika sangat bermanfaat dalam menentukan disain proses produksi biodiesel.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Pada tahun sebelumnya, kami telah melakukan sintesis biodiesel menggunakan minyak jelantah, baik secara konvensional (Haryanto dkk., 2016), dengan bantuan gelombang mikro (Melauren 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 dengan bantuan gelombang ultrasonik. Secara ringkas, diagram alir penelitian diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *fish bone* tahapan penelitian hingga tahun 2017.

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 rumahan terdekat, seperti industri kerupuk, keripik, gorengan, dan pecel lele), 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 100 ml dengan rasio molar methanol terhadap minyak 4:1.

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 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, dan 10 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

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. Analisis Kimia

Analisis kimia dilakukan terhadap bahan baku minyak jelantah dan biodiesel yang dihasilkan. Analisis kimia meliputi kadar bilangan asam dan kandungan asam lemak.

Bilangan Asam

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

Kandungan Asam Lemak

Karena keterbatasan peralatan, analisis kandungan asam lemak akan dikirim ke Lab lain, tetapi masih di lingkungan Universitas Lampung. Beberapa Lab dapat melakukan analisis kimia di antaranya Lab Kimia Dasar, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA dan Lab Analisis Hasil Pertanian di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil

Tabel 4 menunjukkan sifat dari minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini. Karena FFA hanya 1.43% maka proses sintesis biodiesel dapat dilakukan langsung dengan reaksi transesterifikasi.

Tabel 4. Karakteristik minyak jelantah

Parameter	Value
Densitas (g/ml)	0.912
Viskositas (cSt) 30°C	61.75
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
Methyl Stearat	5.15
Tidak diketahui	1.54

Tabel 5. Rendemen biodiesel pada berbagai rasio molar, suhu dan waktu reaksi

Suhu Reaksi (°C)	Perbandingan Molar	Volume yang dihasilkan (ml)					
		0.5 menit	1 menit	2 menit	3 menit	5 menit	10 menit
30	1 : 6	51	58,5	47,5	41	62	35
	1 : 5	45	34	40	35	55	46,5
	1 : 4	26	47	45	46,5	47	18
35	1 : 6	48	52,5	57	41	48,5	30
	1 : 5	54	54	51,5	42	44,5	36,5
	1 : 4	54	58	44	17,5	21	41
40	1 : 6	56	43	30	34	41	45,5
	1 : 5	43	42	31	44,5	44	26
	1 : 4	48	36	42,5	53	58	16
45	1 : 6	51,5	39,5	58	47,5	49	59,5
	1 : 5	33	26	48	26	41	47,5
	1 : 4	10	35,5	48	50	51,5	51
50	1 : 6	44	75	77	50	53	57
	1 : 5	11	48,5	30	15	31	26,5
	1 : 4	15	57	61,5	59,5	57,5	57
55	1 : 6	52	81	87	85,5	45,5	55,5
	1 : 5	50	39,5	44	50	40,5	51
	1 : 4	50	50	58,5	61,5	55	57,5

Tabel 5 menunjukkan hasil (rendemen) biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi pada tiga level perbandingan molar minyak terhadap metanol, enam variasi suhu dan variasi

waktu. Hasil analisis sidik ragam dan uji DMRT satu arah menunjukkan bahwa faktor rasio molar dan suhu reaksi berpengaruh nyata terhadap rendemen seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4. Makin tinggi rasio molar makin tinggi rendemen, dan makin tinggi tinggi suhu reaksi, makin tinggi rendemen biodiesel. Rendemen biodiesel tertinggi yang dihasilkan dari proses ini (56,78%) diperoleh pada rasio suhu 55°C.

Tabel 6. Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada variasi suhu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3373,687	5	674,738	4,466	,001
Within Groups	15410,042	102	151,079		
Total	18783,729	107			

suhu	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a 40 C	18	40,7500		
45 C	18	43,0833	43,0833	
30 C	18	43,3333	43,3333	
35 C	18	43,9444	43,9444	
50 C	18		51,0278	51,0278
55 C	18			56,7778
Sig.		,485	,079	,164

↓
signifikan

Tabel 7. Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada variasi rasio molar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2173,292	2	1086,646	6,869	,002
Within Groups	16610,438	105	158,195		
Total	18783,729	107			

banding molar	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Duncan ^a 1 : 5	36	41,3889	
1 : 4	36	45,7639	
1 : 6	36		52,3056
Sig.		,143	1,000

↓
signifikan

Hasil uji ANOVA dua arah faktor suhu dan rasio molar menunjukkan tidak berbeda nyata seperti ditunjukkan pada Tabel 8. Waktu reaksi, di lain pihak, ternyata tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen (Tabel 9). Hal ini menunjukkan bahwa katalis yang digunakan memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dalam waktu singkat sudah menghasilkan rendemen biodiesel yang mendekati keseimbangan. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah menambah titik pengamatan pada kisaran waktu 15 – 20 detik dan di atas 20 menit.

Tabel 8. Uji ANOVA dua arah antara suhu dan perbandingan molar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7669,938 ^a	17	451,173	3,654	,000
Intercept	233383,521	1	233383,521	1889,951	,000
molar	2173,292	2	1086,646	8,800	,000
suhu	3373,688	5	674,738	5,464	,000
molar * suhu	2122,958	10	212,296	1,719	,088
Error	11113,792	90	123,487		
Total	252167,250	108			
Corrected Total	18783,729	107			

Tidak signifikan

Tabel 9. Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada variasi lama reaksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	693,132	5	138,626	,782	,565
Within Groups	18090,597	102	177,359		
Total	18783,729	107			

	waktu	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	10 menit	18	42,0556
	0,5 menit	18	45,0833
	3 menit	18	45,9722
	6 menit	18	47,2778
	1 menit	18	48,7222
	2 menit	18	49,8056
	Sig.		,131

Tidak signifikan

Tabel 10 menunjukkan hasil (rendemen) biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi yang dibantu dengan gelombang ultrasonic. Rendemen biodiesel yang dihasilkan dari proses ini (62,54%) ternyata lebih rendah dibandingkan rendemen yang dihasilkan melalui proses konvensional (tanpa penambahan gelombang ultrasonic) yang mencapai 76%.

Hal ini mungkin disebabkan ketidaksesuaian peralatan penghasil gelombang. Dalam eksperimen ini kami menggunakan ultrasonic bath cleaner yang memiliki frekwensi 42 kHz sebagai sumber gelombang (Gambar 3). Secara visual kami mengamati bahwa minyak jelantah dan larutan metoksida tidak teraduk oleh gelombang yang dihasilkan ultrasonic bath cleaner. Mungkin gelombang telah berkurang intensitasnya ketika mencapai larutan minyak jelantah karena harus melewati dinding botol, sehingga tidak mampu mengaduk cairan sehingga. Oleh karena itu, penelitian akan dilanjutkan dengan menggunakan ultrasonic probe (seperti terlihat pada Gambar 4) yang langsung dapat didekatkan ke cairan. Posisi

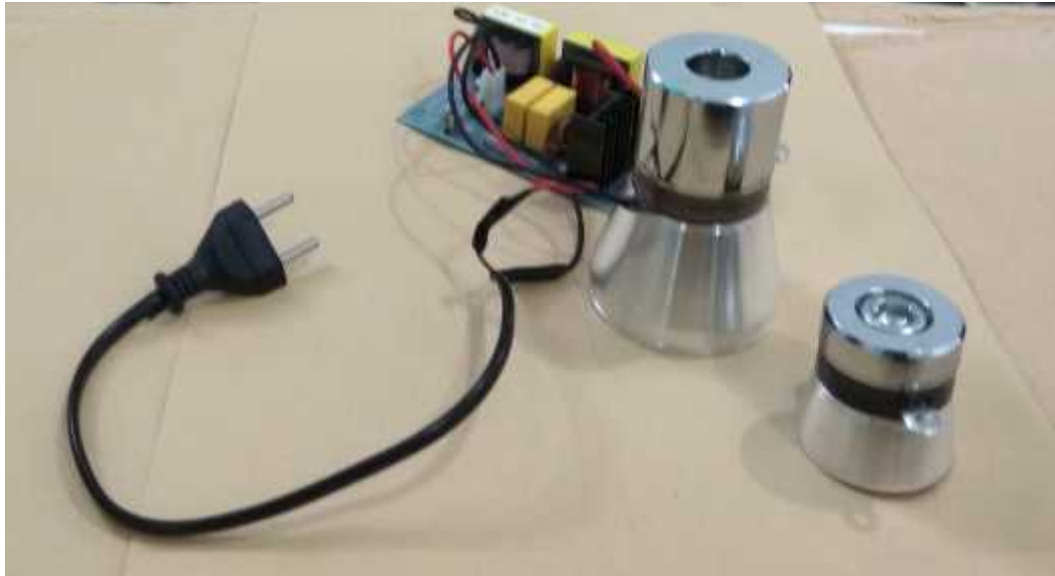
probe terhadap cairan dapat diatur dipermukaan atau dimasukkan ke dalamnya. Dua probe dengan frekwensi 20 dan 30 kHz akan digunakan dalam eksperimen selanjutnya.

Tabel 5. Rendemen (%) biodiesel pada proses transesterifikasi dengan bantuan ultrasonic bath cleaner.

Suhu Reaksi (°C)	Lama Reaksi (menit)			
	1	2	3	4
40	70	65	41	59
	56	60	61	63
	72	74	55	58
Rata-rata	66	66	52	60
45	55	60	58	45
	51	62	53	65
	72	57	68	59
Rata-rata	59	60	60	56
50	56	57	56	63
	61	65	63	65
	55	70	76	75
Rata-rata	57	64	65	68
55	65	59	55	52
	55	64	62	66
	59	73	74	70
Rata-rata	60	65	63	63



Gambar 3. Bath cleaner yang digunakan sebagai penghasil gelombang ultrasonic.



Gambar 4. Ultrasonicator probe yang akan digunakan sebagai penghasil gelombang ultrasonic.

5.2. Luaran Penelitian

Luaran yang telah dicapai meliputi:

1. Makalah diterima untuk publikasi pada jurnal JTEP (Jurnal Keteknikan Pertanian), terakreditasi DIKTI. Judul makalah: **Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Basa**, dijadwalkan terbit bulan Oktober 2017.
2. Makalah dengan judul **PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI TERHADAP RENDEMEN BODIESEL YANG DIHASILKAN DARI BAHAN BAKU MINYAK KELAPA (*Coconut Oil*)**, diterbitkan pada Jurnal Teknik Pertanian Lampung, vol. 5, No. 3: 157- 166, 2016.
3. Makalah berjudul **KINETICS OF BODIESEL PRODUCTION FROM USED COOKING OIL THROUGH MICROWAVE-ASSISTED TRANSESTRIFICATION REACTION**, telah dipresentasikan pada seminar internasional ISAE, Unila 10-12 Agustus 2017.
4. Presentasi Seminar dengan judul **KAJIAN PEMBUATAN BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH**, pada Seminar Nasional PERTETA di Aceh (2-5 November 2017).

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Rencana tahapan berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Melanjutkan penelitian proses sintesis biodiesel dengan bantuan gelombang ultrasonic menggunakan sumber gelombang ultrasonicator probe.
2. Menulis makalah berbahasa Inggris mengenai kinetika reaksi transesterifikasi minyak jelantah dan mengirimkannya ke IJRED (Internasional Journal of Renewable Energy Development) atau jurnal lain yang relevan.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Penelitian proses sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan bantuan gelombang ultrasonic yang dihasilkan dari bath cleaner sudah dilakukan dengan hasil yang belum optimal. Rendemen yang dihasilkan masih lebih rendah dibandingkan proses tanpa bantuan gelombang. Ketidaksesusian alat penghasil gelombang diduga merupakan penyebabnya.

6.1. Saran

Penelitian mengenai kinetika sangat penting sebagai bahan pertimbangan dalam rancangan (desain) proses produksi biodiesel. Oleh karena itu, penelitian mengenai kinetika perlu dilanjutkan dengan bahan baku (feedstock) minyak yang lain yang berpotensi seperti minyak nyamplung, minyak sawit (CPO), jarak pagar, dan lain-lain.

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 Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi dengan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Vol. **3**(1): 49 – 58.
- Fujita H, Nakano K, Okuhara K, Koide N, Supriatna D, Prakoso JH. 2013. GHG Emission Reduction by Waste Cooking Oil Recycling in Environmental Partnership Program of Bogor City. LCA AgriFood Asia Workshop. Jakarta, 24 June 2013
- Haryanto A., Silviana U., Triyono S., Prabawa S. 2015. Produksi Biodiesel 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. Biodiesel 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 Biodisel 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 Biodisel 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 antartica* 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 Biodisel. *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 Biodisel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalis KOH. *Jurnal Teknologi* **2(2)**: 130–13.



Jurnal KETEKNIKAN PERTANIAN

PUBLIKASI RESMI PERHIMPUNAN TEKNIK PERTANIAN INDONESIA

Kampus IPB Darmaga PO BOX 220 BOGOR 16610 INDONESIA

Telp. 0251-8627230 - Fax 0251-8623026 - E-mail: jurnaltep@yahoo.com

Nomor : 354/SK-JTEP/12/2016
Lampiran : -
Perihal : Pemberitahuan Penerbitan Makalah Jurnal

Kepada Yth:
Dr.Ir. Agus Haryanto., MP
Departemen Pertanian dan Biosystem Rekayasa
Universitas Lampung

Dengan Hormat,
Bersama ini kami beritahukan bahwa makalah Saudara :

Judul : Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Basa

Penulis : Agus Haryanto, Ovita Yozana, Sugeng Triyono

Telah lulus penilaian dan diterima untuk diterbitkan pada Jurnal Keteknikan Pertanian Edisi Vol. 5 No. 2 Oktober 2017.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Bogor, 29 Desember 2016
Ketua Dewan Redaksi,

Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS
NIP.19630329 198703 1 002



Jurnal KETEKNIKAN PERTANIAN

PUBLIKASI RESMI PERHIMPUNAN TEKNIK PERTANIAN INDONESIA

Kampus IPB Darmaga PO BOX 220 BOGOR 16610 INDONESIA

Telp. 0251-8627230 - Fax 0251-8623026 - E-mail: jurnaltep@yahoo.com

Nomor : 353/SK-JTEP/12/2016
Lampiran : -
Perihal : Biaya Penerbitan Jurnal Keteknikan Pertanian

Bogor, 29 Desember 2016

Kepada Yth:
Dr.Ir. Agus Haryanto., MP
Departemen Pertanian dan Biosystem Rekayasa
Universitas Lampung

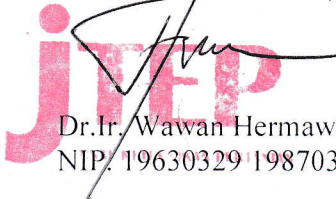
Dengan Hormat,

Dewan Redaksi mengucapkan selamat bahwa naskah saudara dengan judul “Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Basa”, telah diputuskan diterima untuk diterbitkan pada Edisi Volume. 5 No. 2 Oktober 2017. Untuk itu Saudara di kenakan biaya penerbitan, pencetakan reprint dan pengiriman sebesar Rp. 1.000.000,- (satu juta rupiah). Biaya tersebut dibayarkan melalui rekening BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n Jurnal Keteknikan Pertanian selambat-lambatnya Tanggal 13 Januari 2017. Mohon untuk bukti pembayaran dikirimkan ke alamat e-mail: jurnaltep@yahoo.com.

Apabila tidak melakukan pembayaran sampai batas waktu yang ditentukan, maka Redaksi akan menunda penerbitan naskah saudara pada edisi berikutnya.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami,
Ketua Dewan Redaksi,

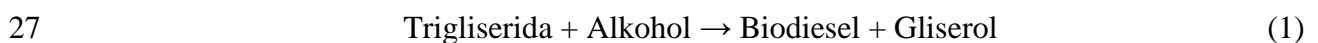


Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS
NIP. 19630329 198703 1 002

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

9 Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak seperti kelapa sawit, kedelai, bunga matahari,
10 kacang tanah, jarak pagar dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya. Tetapi, biodiesel yang
11 diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewan lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar
12 diesel konvensional dari minyak bumi. Hal ini disebabkan oleh karena biaya bahan baku
13 biodiesel bisa mencapai hingga 85% dari biaya operasional (Canakci and Sanli, 2008).
14 Mengingat hal tersebut maka biodiesel dapat dibuat dari minyak jelantah (minyak bekas). Bila
15 ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat
16 karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Senyawa-senyawa itu sangat berbahaya
17 bagi tubuh manusia (Yuniwati dan Karim 2009). Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan
18 bakar motor diesel merupakan suatu cara penanggulangan limbah (minyak jelantah) yang
19 menghasilkan bahan bakar alternatif yang ekonomis dan sekaligus ekologis (Syamsidar, 2013).
20 Oleh karena itu, pembuatan biodiesel dari minyak jelantah merupakan solusi yang tepat
21 (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 dan
25 reaktivitasnya paling tinggi. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah
26 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 menyusun
3 kinetika pembuatan biodiesel dari minyak jelantah melalui reaksi transesterifikasi dengan
4 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 lemak
9 dilakukan di Lab. Analisis Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Bahan kimia yang digunakan
10 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 selesai
14 sehingga perhitungan rasio molar didasarkan pada komposisi minyak jelantah yang dilaporkan
15 oleh Kheang *et al.* (2006). Menurut Haryanto dkk (2015) massa molar minyak jelantah pada
16 komposisi tersebut adalah 880 g/mol. Dengan massa jenis 0,912 g/ml, maka 100 ml akan setara
17 dengan 0,11 mol, sehingga memerlukan 18 ml metanol (massa jenis methanol 791,8 g/l) untuk
18 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. Larutan
21 metoksi disiapkan terlebih dulu dengan melarutkan 0,5 gram NaOH ke dalam 18 ml metanol
22 dan mengaduknya hingga semua partikel NaOH larut. Minyak jelantah dipanaskan dalam labu
23 Erlenmeyer 500-ml hingga suhu tertentu. Setelah itu larutan metoksi dituangkan ke dalam labu
24 dan diaduk menggunakan stirrer selama waktu tertentu. Selama reaksi labu direndam dalam air
25 yang dipertahankan suhunya dengan heater. Selain itu, sebuah kondenser refluks dipasang ke
26 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. Komponen
11 NME meliputi trigliserida, digliserida, monogliserida, dan asam lemak bebas yang tidak
12 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:

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

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 $[NAE_t]/[NAE_0]$
5 sebagai ordinat dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi k pada suatu suhu
6 tertentu. Selanjutnya nilai-nilai konstanta pada suhu yang berbeda-beda digunakan untuk
7 menentukan nilai energi aktivasi global (E_a) dari reaksi transesterifikasi dengan memanfaatkan
8 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 minyak
19 dan 18 ml metanol memberikan rasio molar minyak terhadap metanol 1 : 4,19, tidak jauh
20 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 tiap
20 suhu reaksi. Terdapat kecenderungan bahwa konstanta laju reaksi transesterifikasi minyak
21 jelantah meningkat terhadap suhu, yaitu $k = 0,003/\text{menit}$ pada suhu 30°C, $k = 0,008/\text{menit}$ pada
22 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 dapat
25 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 dengan
10 nilai yang berbeda-beda. Tabel 3 memperlihatkan perbandingan nilai energi aktivasi yang telah
11 dilaporkan. Terlihat bahwa nilai energi aktivasi yang dihasilkan dalam penelitian ini berada pada
12 kisaran nilai-nilai yang dipublikasikan. Tabel 3 juga mengindikasikan bahwa perbedaan energi
13 aktivasi mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah jenis dan sifat minyak
14 yang digunakan, rasio molar minyak terhadap metanol, dan jenis katalis. Issariyakul and Dalai
15 (2012) menyatakan dua faktor yang mempengaruhi kinetika transesterifikasi, yaitu jumlah
16 senyawa jenuh yang mempengaruhi tahap konversi trigliserida dan distribusi panjang rantai
17 yang mempengaruhi tahap konversi monogliserida.

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

19 **Simpulan**

20 Konstanta laju reaksi transesterifikasi minyak jelantah meningkat terhadap suhu, yaitu $k = 0,003$
21 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 frekuensi
23 tumbukan sebesar A sebesar $737,30$ per menit.

Daftar Pustaka

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

Adhiatma, A., C.P. Anshory, A. Purwanto dan W. Ciptonugroho. 2012. The enhancement of waste cooking oil esterification catalyzed by sulfated zirconia and assisted by the addition of silica gel. *Proceeding of 19th Regional Symposium on Chemical Engineering*. Bali : A 331 – A 337.

Aziz, I. 2007. Kinetika reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas. *Jurnal Kimia Valensi* Vol. 1(1): 19-23.

Canakci, M. and H. Sanli. 2008. Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties. *J Ind Microbiol Biotechnol* Vol. 35: 431-441.

Emeji, I.C., A.S. Afolabi, A.S. Abdulkareem and J. Kalala, 2015. Characterization and kinetics of biofuel produced from waste cooking oil. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, October 21-23, 2015, San Francisco, USA. Vol. II: 589-592.

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.

Hindryawati, N., G.P. Maniam, M.R. Karim and K.F. Chong. 2014. Transesterification of used cooking oil over alkali metal (Li, Na, K) supported rice husk silica as potential solid base catalyst. *Engineering Science and Technology, an International Journal* Vol. 17: 95-103.

Issariyakul, T. and A.K. Dalai. 2012. Comparative kinetics of transesterification for biodiesel production from palm oil and mustard oil. *The Canadian Journal Of Chemical 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 transesterifikasi 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 Teknosains*
8 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 oil
16 (*Calophyllum inophyllum* L) by calcium oxide catalyst : optimization and kinetic model.
17 *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* Vol. 25(3):239-247.
- 18
- 19 Yoeswono, Triyono, dan I. Tahir. 2008. Kinetika transesterifikasi minyak sawit dengan metanol
20 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): 130-
24 136.
- 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 $[NAE_t]/[NAE_0]$.

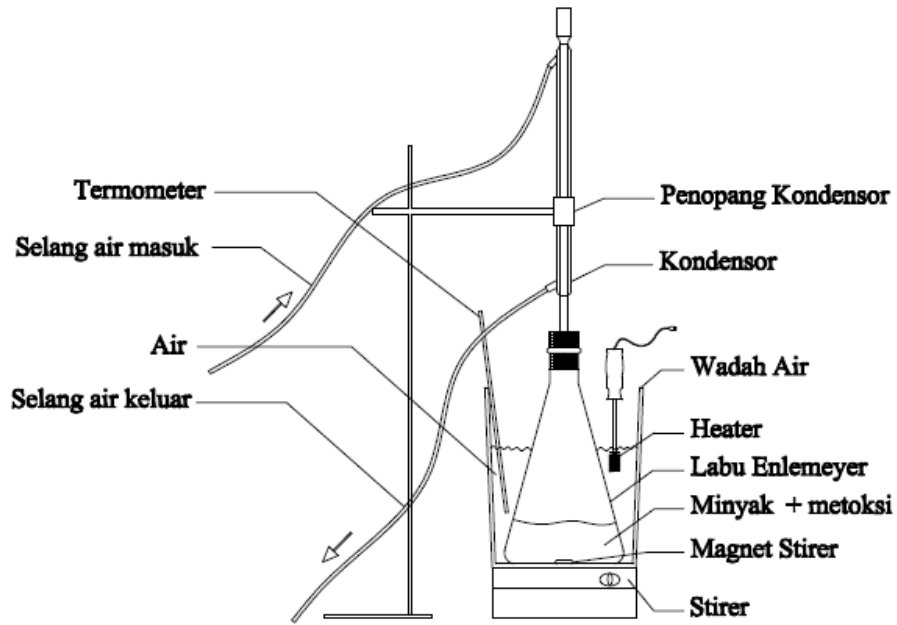
Lama reaksi (menit)	suhu 30 °C		suhu 40 °C		suhu 50 °C		suhu 60 °C	
	Rend. (%)	$\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$	Rend. (%)	$\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$	Rend. (%)	$\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$	Rend. (%)	$\frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$
10	46,7	0,533	29,6	0,704	45,8	0,542	55,5	0,445
20	49,8	0,502	36,2	0,638	54,5	0,455	67,1	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

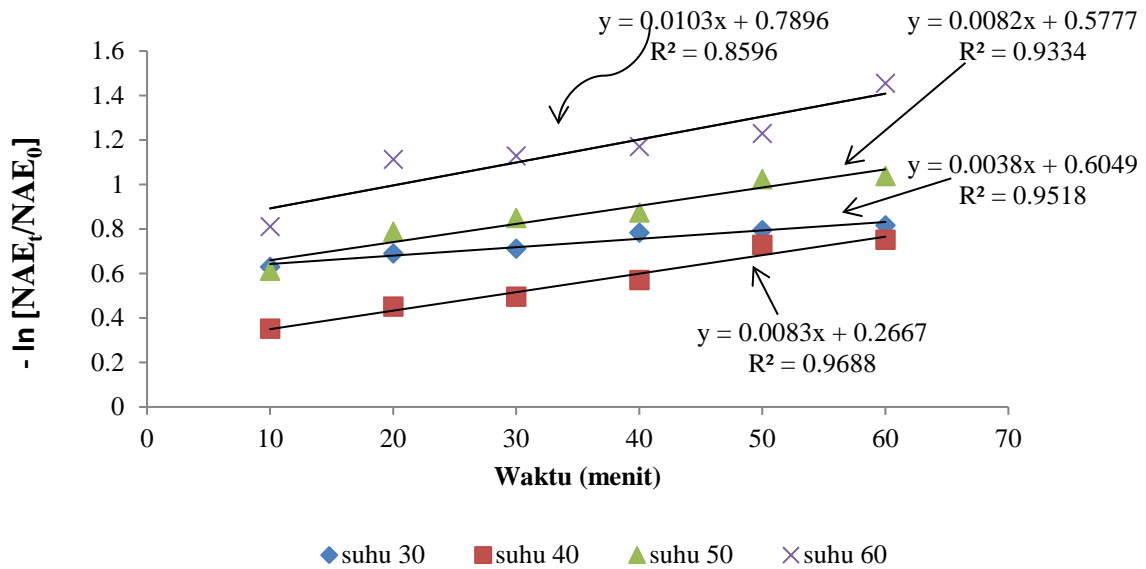


2

3

Gambar 1. Rangkaian alat pembuatan biodiesel

4

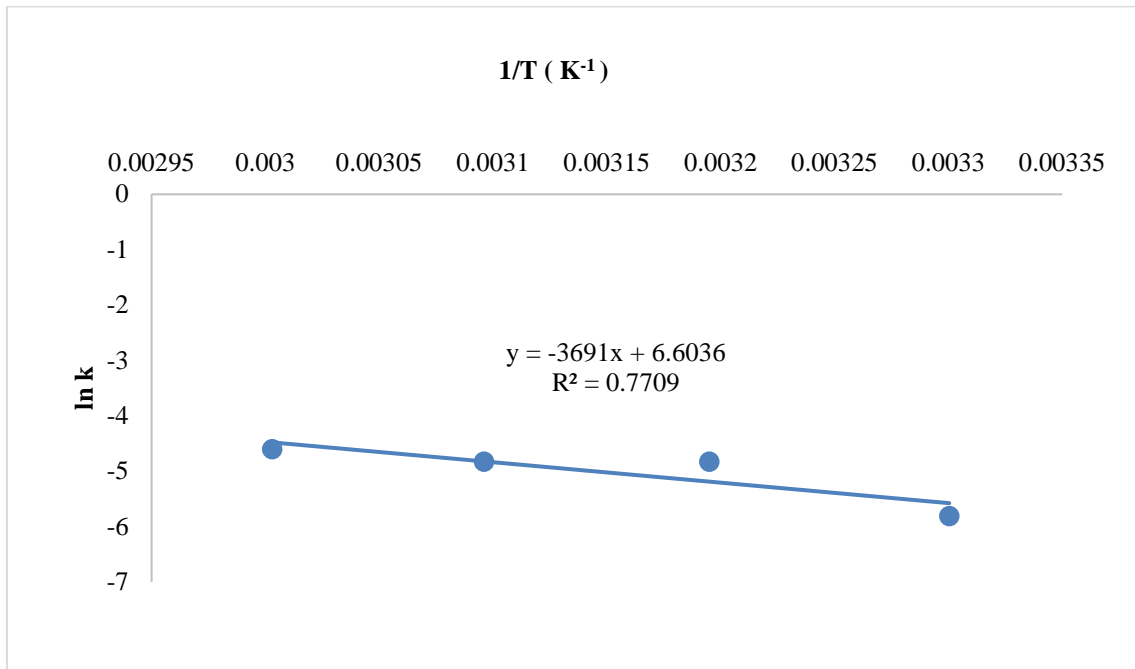


5

6

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

1



2

3

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

4

. PLEASE LEAVE THE SPACE ABOVE THE TITLE EMPTY JOURNAL NAME HERE.

Biarkan bagian kotak ini
Please send abstract and full paper to : ISAE@fp.unila.ac.id (DOC File)

Make sure to check spelling (name and content) before send the paper

KINETICS OF BIODIESEL PRODUCTION FROM USED COOKING OIL THROUGH MICROWAVE-ASSISTED TRANSESTRIFICATION REACTION

Agus Haryanto[#], Melauren Oktavina Renata[#], Mareli Telaumbanua[#], Tri Wahyu Saputra[#], Sugeng Triyono[#]

[#] Department of Agricultural Engineering, University of Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia
E-mail: agus.haryanto@fp.unila.ac.id

Abstract— Kinetics parameter is required to determine the production of biodiesel in certain circumstances. This study aims at determining the kinetics parameters of biodiesel production 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 (pa). 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, ie 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 (*E_a*) of 42.4 kJ/mol with a value for the collision frequency constant (*A*) was 9,756.2 per second.

Keywords— biodiesel; microwaves; waste cooking oil; yield; reaction rate; activation energy.

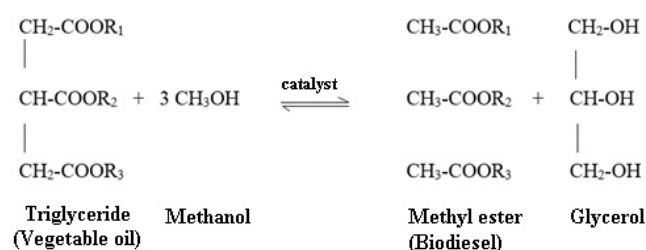
I. INTRODUCTION

Fulfillment of energy derived from petroleum has received a very serious attention. Not only because of the greenhouse effect resulting from CO₂ emissions it produces, but also because of the world's petroleum reserves are getting limited. The depletion of petroleum reserves is marked by the surge of crude oil prices in the world market [1]. This situation has caused researchers and the government think hard in preventing energy scarcity. One effort to reduce the need for transportation fuels is to create alternative fuels, such as biodiesel and bioethanol and look for other sources of renewable energy. Biodiesel is one type of fuel produced from vegetable oil or animal fat through a process called transesterification with the help of alcohol and catalyst [2].

Indonesia is one of the tropical countries that has various types of biodiesel raw materials, including palm oil, waste frying oil, rubber seed oil, jatropha curcas, and so on. Biodiesel production potential from palm oil reached 438,876 thousand barrels, cooking oil 45,515 thousand barrels, and rubber seed oil 3,989.7 thousand barrels. Using biodiesel for

supplement Indonesia will be able to overcome the energy crisis until the year 2101 [3].

Biodiesel is generally made through a transesterification reaction using an alkaline catalyst. This reaction is faster to form methyl esters (biodiesel) than the esterification reaction using acid catalyst [1, 4]. In addition to biodiesel, the reaction will also produce a by-product of glycerine [5]. This by-product can be utilized for other purposes, such as cosmetic ingredients, soap and others [6]. According to Hikmah and Zuliyani [7] the transesterification reaction of triglycerides to methyl esters can be presented as follows:



Temperature is an important parameter in the reaction. However, heat transfer in the conventional transesterification

reaction is slow due to convection and conduction. The microwave applications can accelerate the heat transfer process because microwaves can propagate through the liquid so that the heating process will take place more effectively and the biodiesel process can be done in a shorter time [8]. The use of microwaves in biodiesel production can convert waste frying oil into biodiesel faster, when compared to conventional methods [9].

The reaction kinetic analyses the rate of chemical reaction. Reaction rate is the change of reactant or product concentration over a unit of time. Kinetics of transesterification reactions are required to predict the reaction results at a given time and condition. The purpose of this study is to determine the effect of temperature and reaction time in biodiesel production and to determine kinetic parameters for transesterification of used cooking oil assisted by microwaves.

II. MATERIAL AND METHOD

A. Materials and Equipment

Materials used in this experiment include used cooking oil (UCO), methanol (technical grade), NaOH (p.a), and aquades. Waste oil is obtained from fried stuffs traders around the University of Lampung. The UCO is filtered using a tea strainer to separate solid particles. Characteristic of UCO and biodiesel to determine the acid number, free fatty acid content, and fatty acid composition is conducted in the Lab. of Agricultural Product Processing, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The tools used in this research are microwave oven, spatula, burette, analytical balance, pycnometer glass for mass type analysis, condenser, small mixer with 300 rpm for stirring, Erlenmeyer, beaker glass, thermometer, rubber bulb, spatula, falling ball viscometer to measure the viscosity of the resulted biodiesel.

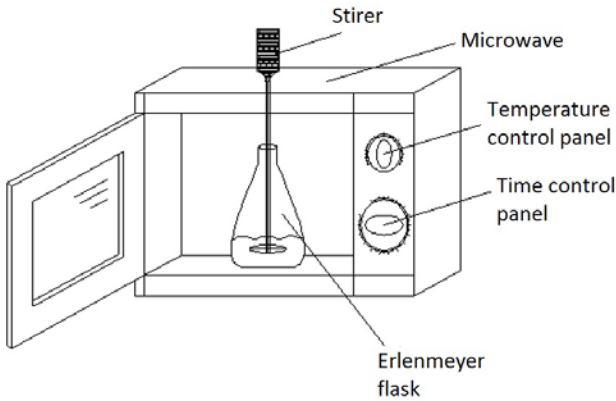


Fig. 1 Biodiesel processing with the aid of microwave.

B. Experimental Design

The treatments in this research are temperature variation and duration of heating. Each consists of three levels for temperature (45, 50, and 55°C) and five for duration (2, 3, 4, 5, and 6 min). The process of biodiesel synthesis with the help of microwave is shown in Figure 1. The transesterification reaction uses a molar ratio between UCO and methanol of 1: 4. The process of biodiesel production begins with the preparation of a methoxide solution by mixing 0.5 g NaOH

into 18 ml of methanol and stir it until all NaOH particles dissolve. This solution is then poured into a 500 ml Erlenmeyer flask that has been filled with 100 ml of cooking oil. The flask is then fed into the microwave in the very middle position. The microwave is turned on for a pre-setting time and the power intensity is adjusted to achieve the desired reaction temperature. At the same time the mini mixer is turned on to stir the UCO.

The reaction result is allowed for 24 hours to rest. Biodiesel is separated from glycerol and washed several times until it is clean (marked by clean wastewater). The yield of biodiesel is calculated using the following equation:

$$\text{Yield} = \frac{\text{Mass of biodiesel after washing (g)}}{\text{Mass of WFO (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

C. Analysis

Kinetics of transesterification reaction refer to Kusdiana and Saka [10]. In this case, transesterification is considered to be a first order reaction and is a function of non-biodiesel concentration (uME) and reaction temperature. The uME components include triglycerides, diglycerides, mono-glycerides, and unreacted free fatty acids (FFA). The reaction rate is expressed as:

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

$$- \frac{d[uME]}{dt} = k [uME] \quad (3)$$

At a time $t = 0$ uME concentration is $[uME_0]$ and at $t = t$ is $[uME_t]$, where $[uME_0] > [uME_t]$. Integration of Eq. (2) from uME_0 to uME_t and $t = 0$ to $t = t$ produces:

$$- \int_{uME_0}^{uME_t} \frac{d[uME]}{[uME]} = k \int_0^t dt \quad (4)$$

$$- \ln \left(\frac{[uME_t]}{[uME_0]} \right) = kt \quad (5)$$

Assuming that before a reaction occurs, biodiesel component in the UCO can be neglected, it follows that:

$$\frac{[uME_t]}{[uME_0]} = 1 - \text{Yield} \quad (6)$$

The plot of Eq. (5) with t as abscissa and the negative value of natural logarithm of $[uME_0]/[uME_t]$ as an ordinate can be used to determine the value of the reaction rate constant k at a certain temperature. Values of this constant at different temperatures are then used to determine the value of the global activation energy (E_a) of the transesterification reaction using the Arrhenius equation:

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

or

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

where A is constant for molecular collision frequency, R is ideal gas constant (8.314472 J/mol.K), and T is the absolute temperature.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. UCO Characteristics

Table 1 shows the characteristics of used cooking oil used in this study. It is seen that the cooking oil is quite viscous with high viscosity (61.75 cSt). But the cooking oil has free fatty acid content or FFA (free fatty acids) is quite low (1.43%), so the process of making biodiesel can be performed through direct transesterification reaction.

TABLE I
FONT SIZES FOR PAPERS CHARACTERISTICS OF USED COOKING OIL USED IN THIS STUDY

Parameter	Value
Density (g/ml)	0.912
Viscosity (cSt) 30°C	61.75
FFA (%)	1.43
Acid number	0.7199
Fatty acids:	
Methyl Laurate	0.75
Methyl Myristate	1.58
Methyl Palmitate	42.84
Methyl Linoleat	12.43
Methyl Oleat	35.71
Methyl Stearat	5.15
Unknown	1.54

TABLE II
FONT SIZES FOR PAPERS CHARACTERISTICS OF USED COOKING OIL USED IN THIS STUDY

T (°C)	Time (Min)	Yield (%)	$-\ln \frac{[uME_t]}{[uME_0]} = -\ln(1 - \text{Yield})$
45	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	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	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

B. Biodiesel Yield

Table 2 shows the yield of biodiesel resulting from a combination of treating the temperature and duration of the reaction. The resulting biodiesel has a density of between 0.86 - 0.87 g/ml (according to SNI), and viscosity 3,79 - 5,53 cSt (according to SNI). The results showed that the higher the temperature of the higher the biodiesel yield produced. Likewise, the longer the reaction time the higher the yield of biodiesel. The highest yield was produced at 55°C and 6 minutes (66.77%). This non-optimum yield is due to several

factors, such as the quality of methanol and NaOH, and the molar ratio used.

Based on the theory the longer the reaction time, the possibility of contact between substances the greater so that will result in a large conversion [11]. Biodiesel yield is also influenced by the ratio of triglycerides to methanol and oven power intensity. Majid [12] found the ratio of triglyceride concentration to methanol which resulted in optimum biodiesel conversion was 1: 6. They also report initially that biodiesel yields will increase with greater power and heating time, but when optimum heating power and time has been reached, the biodiesel yields will decrease.

C. Reaction Rate (k)

Based on the data in Table 2, the rate constant of the reaction can be calculated by making the plot as given in Figure 2, where the rate constants constant is a linear line gradient. The results show that the higher the reaction temperature the reaction rate constant will increase. This happens because with the higher reaction temperature, the reaction rate is also increasing [13]. Salamah [14] states that the higher the temperature, the movement rate of each molecule will be faster, so that the frequency of collisions between molecules will be faster, so that the frequency of collisions becomes faster. The relation data between reaction temperature and reaction rate constant are shown in Table 3.

TABLE III
RELATION OF TEMPERATURE AND REACTION RATE CONSTANT

Temperature T (°C)	1/T (K ⁻¹)	K (minute ⁻¹)	ln k
45	0.003143	0.059	-2.83
50	0.003095	0.094	-2.36
55	0.003047	0.096	-2.34

D. Activation Energy

The activation energy can show how easy or difficult the reaction is, in theory if a reaction has a smaller activation energy will tend to react more quickly and easily than a reaction with a larger activation energy that tends to react more difficult and longer [15]. The greater the value of the reaction rate constant, the reaction will take place quickly. The faster a reaction allows for large collisions of particle with a relatively short time and lower energy levels so that the balance will be achieved at a faster time.

Based on Eq. (7) then the activation energy (Ea) can be obtained by plotting 1/T as the abscissa versus ln(k) as ordinate. In this case the slope of the linear line is the value of Ea/R. From Table 3, we can make a plot as given in Figure 3 so it can be used to determine the value of each parameter on the proposed kinetic model. From Figure 3, we get the following mathematical equations:

$$\ln k = 13.28 - 5101 \left(\frac{1}{T} \right) \quad (9)$$

By substituting the above equation in the previous equation, the value of E_a is 42,41 kJ/mol and $A = 9756,17 \text{ s}^{-1}$. Therefore the resulting kinetic equation can be presented as:

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

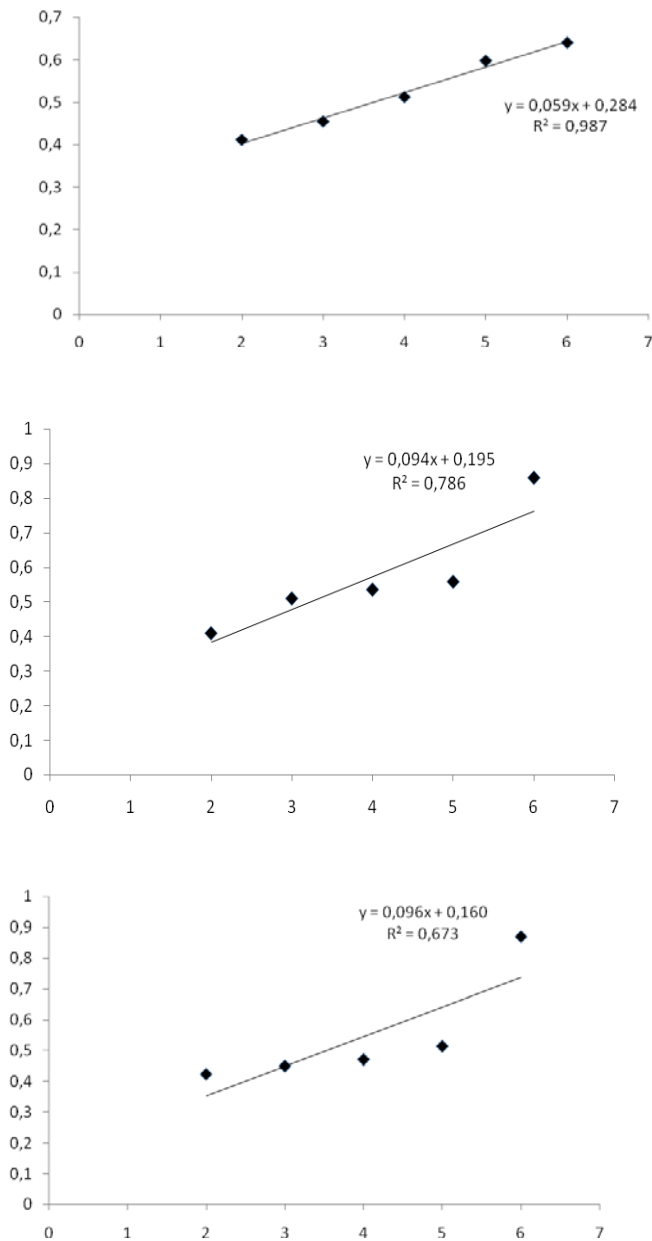


Fig. 2 Relationship of time and $-\ln[uME/uME_0]$ at reaction temperature of 45°C (upper), 50°C (middle) and 55°C (bottom).

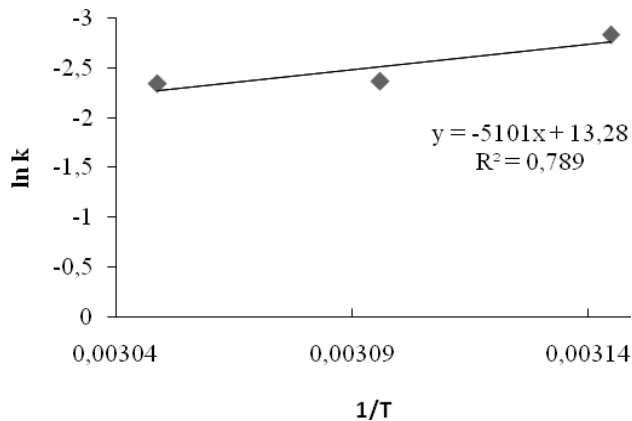


Fig. 3 Plot of $1/T$ and $\ln(k)$

The activation energy obtained from this study is considerable when compared to the activation energy of biodiesel making using different oils and heating systems as given in Table 4. This is probably because at the start of the reaction the oil is not preheated to the desired temperature, but starting from the lowest temperature (room temperature). Therefore, when the reaction requires a large enough energy to start a reaction.

TABLE IV
ENERGY ACTIVATION OF BIODIESEL REACTIONS

Feedstock	Reaction Condition	E_a (kJ/mol)	Reference
UCO	MR 1:4, $t = 2-6$ min, T 45-55°C, microwave aided	42.41	This work
Kapok seed oil	MR 1:3, t 60 -120 min, T 40, 70, 90°C, conventional.	10.39	[14]
Pongamia oil	MR 1:6, T 30-70°C, conventional	41.57	[18]
Cotton seed oil	MR 1:6, T 30 - 70°C, conventional	23.69	[18]
Jatropha seed oil	MR 1:6, conventional, T 40-60°C	41.94	[16]
Jatropha seed oil	MR 1:9, T 100-140°C, t 120 min (interval 15 min)	17.54	[17]
Nyamplung seed oil	MR 1:6, T 29, 45, 60, 70°C t 0-30 min, conventional	16.25	[19]
Palm oil	MR 1:6, T 30, 40, 60 C, t 10-30 min, static mixing reactor	71.83	[20]

IV. CONCLUSIONS

The results showed that the yield of biodiesel ranged from 33.45 to 66.77%. The highest yield is at 55°C and reaction time is 6 minutes. The results showed that the higher the reaction temperature the greater the rate of the reaction rate constant (k). The k values were 0.059, 0.094, and 0.096 per minute, respectively obtained for temperatures of 45, 50 and 55°C. The value of activation energy (E_a) of transesterification reaction of used cooking oil with the help of microwave is 42,41 kJ/mol.

ACKNOWLEDGMENT

The research was funded by the Ministry of Research, Technology, and Higher Education through a Fundamental Research scheme by contract No. 76/UN26/8/LPPM/2016.

REFERENCES

- [1] J. Karman. *Teknologi dan Proses Pengolahan Biomasa*. Alfabeta. Bandung. 128 pp. 2012.
- [2] W. Dharsono and Y.S. Oktari. *Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Metanol dengan Esterifikasi In Situ*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang, 2010.
- [3] P. Kuncahyo, A. Z. M. Fathallah, and Semin. *Analisa prediksi potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia*. *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2(1), pp. B62-B66, 2013.
- [4] J. V. Gerpen. *Biodiesel processing and production*. *Fuel Processing Technology*, vol 86, pp. 1097-1107, 2005.

- [5] S. Jaichandar and K. Annamalai. The status of biodiesel as an alternative fuel for diesel engine - An overview. *Journal of Sustainable Energy and Environment*, vol. 2, pp. 71-75, 2011.
- [6] M. Syamsudin, 2010. *Membuat Sendiri Biodiesel (Bahan Bakar Alternatif Pengganti Solar)*. Lily Publisher, Yogyakarta, 46 pp.
- [7] M. N. Hikmah and Zuliyani. Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak dedak dan metanol dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro. 2010.
- [8] T. M. Barnard, N. E. Leadbeater, M. B. Boucher, L. M. Stencil, and B.A. White. Continuous-flow preparation of biodiesel using micro-wave heating. *Energy and Fuel*, vol. 21(3), pp. 177-1781, 2007
- [9] A. Haryanto, U. Silviana, S. Triyono, and S. Prabawa. 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), pp. 234-240, 2015.
- [10] D. Kusdiana and S. Saka. Kinetic of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methanol. *Fuel*, vol. 80, pp. 693-698, 2001.
- [11] Susilowati. Biodiesel dari minyak biji kapuk dengan katalis zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 1(1), pp. 10-14, 2006.
- [12] A. A. Majid, D. Prasetyo, and Y. C. Danarto. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS: K15-K21, 2012.
- [13] H. Satriadi. Kinetika reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat menjadi triacetin menggunakan katalis asam sulfat. *Teknik*, vol. 36 (2), pp. 75-80, 2015.
- [14] S. Salamah. Kinetika reaksi esterifikasi minyak jelantah biji Kapuk pada pembuatan biodiesel. *Chemica*, vol. 1(1), pp. 11-18, 2014.
- [15] A. Z. Rahman and I. G. M. Sanjaya. Rasionalisasi jalur sintesis laevifonal dari trans-resveratol dengan menggunakan teori fungsional kerapatan (DFT). *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 1(1), pp. 1-9, 2012.
- [16] L. Buchori and S. B. Sasongko. Kinetika transesterifikasi biodiesel jarak pagar. *Teknik*, vol. 33(2), pp. 52-57, 2012.
- [17] H. Rustamaji, S. Heri, and B. Arief. Permodelan dan simulasi kinetika reaksi alkoholisis minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) dengan katalisator zirkonia tersulfatasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 4(1), pp. 19-24, 2010.
- [18] N. Jaya and B. K. Selvan. Comparative study on kinetic parameters for transesterification of pongamia and cotton seed oil. *International Journal of ChemTech Research*, vol. 6(10), pp. 4475-4479, 2014.
- [19] Sahirman, A. Suryani, D. Mangunwidjaja, Sukardi, and R. Sudrajat. Kinetika reaksi transesterifikasi minyak biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) pada proses produksi biodiesel. *Jurnal Penelitian dan Hutan*, vol. 27(3), pp. 201-212, 2008.
- [20] S. Penggabean. Analisis kinetika reaksi transesterifikasi pada produksi biodiesel secara katalitik dengan static mixing reactor. (Tesis). Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor. 2011.



CERTIFICATE

INTERNATIONAL SEMINAR

“Strengthening Food Security, Feed, and Energy Sustainably to Enhance Competitiveness”

Awards this certificate to

AGUS HARYANTO

in recognition of valuable contribution to the seminar as

PRESENTER

Bandar Lampung, Indonesia, August 10-12, 2017

Hosted by Agricultural and Biological Engineering Departement, Faculty of Agriculture,
University of Lampung



Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.
NIP. 195706291986031002



Chairman of Executive Committee

Dr. Ir. Sandi Asthara, M.Si
NIP. 196210101989021002

SEMINAR NASIONAL PERTETA

BANDA ACEH, 2-5 NOVEMBER 2017

KAJIAN PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

Tri Wahyu Saputra

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN

Agus Haryanto

FAKULTAS PERTANIAN

Mareli Telaumbanua

UNIVERSITAS LAMPUNG

Amieria Citra Gita



PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil yang tidak diimbangi dengan jumlah cadangan minyak bumi khususnya di Indonesia

Perlu adanya upaya produksi energi terbarukan untuk mensubstitusi kebutuhan bahan bakar fosil

Salah satunya adalah biodiesel yang dapat mensubstitusi kebutuhan akan bahan bakar motor diesel

Bahan baku yang diolah menjadi biodiesel haruslah terjangkau secara harga dan pengadaan bahan baku

Minyak jelantah atau minyak bekas penggorengan menjadi salah satu pilihan bahan baku dalam produksi biodiesel

Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah masih belum optimal karena kurangnya data dan informasi.

Perlu adanya kajian dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah sehingga dapat memberikan informasi terkait optimalisasi proses



METODE PENELITIAN

Variabel bebas



Perbandingan molar



Suhu minyak jelantah



Waktu pencampuran



Variabel terikat



1 : 4 , 1 : 5, 1 : 6

100 : 15 , 100 : 18.2, 100 : 22 (mL)

30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C

0.5, 1, 2, 3, 6, 10 menit

Volume biodiesel yang dihasilkan (mL)



HASIL PENELITIAN

Data Penelitian

Suhu Reaksi (°C)	Perbandingan Molar	Volume yang dihasilkan (ml)					
		0.5 menit	1 menit	2 menit	3 menit	6 menit	10 menit
30	1 : 6	51	58,5	47,5	41	62	35
	1 : 5	45	34	40	35	55	46,5
	1 : 4	26	47	45	46,5	47	18
35	1 : 6	48	52,5	53	41	48,5	30
	1 : 5	54	54	51,5	42	44,5	36,5
	1 : 4	54	58	44	17,5	21	41
40	1 : 6	56	43	30	34	41	45,5
	1 : 5	43	42	31	44,5	44	26
	1 : 4	48	36	42,5	53	58	16
45	1 : 6	51,5	39,5	58	47,5	49	59,5
	1 : 5	33	26	48	26	41	47,5
	1 : 4	10	35,5	48	50	54,5	51
50	1 : 6	44	75	77	50	53	57
	1 : 5	41	48,5	30	45	34	26,5
	1 : 4	45	57	61,5	59,5	57,5	57
55	1 : 6	52	81	87	83,5	45,5	55,5
	1 : 5	50	39,5	44	50	40,5	51
	1 : 4	60	50	58,5	61,5	55	57,5



HASIL PENELITIAN

Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada Variasi SUHU

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3373,687	5	674,738	4,466	,001
Within Groups	15410,042	102	151,079		
Total	18783,729	107			

	suhu	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^a	40 C	18	40,7500		
	45 C	18	43,0833	43,0833	
	30 C	18	43,3333	43,3333	
	35 C	18	43,9444	43,9444	
	50 C	18		51,0278	51,0278
	55 C	18			56,7778
	Sig.		,485	,079	,164

↓
signifikan



HASIL PENELITIAN

Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada Variasi Perbandingan Molar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2173,292	2	1086,646	6,869	,002
Within Groups	16610,438	105	158,195		
Total	18783,729	107			

	banding molar	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	1 : 5	36	41,3889	
	1 : 4	36	45,7639	
	1 : 6	36		52,3056
	Sig.		,143	1,000

↓
signifikan



HASIL PENELITIAN

Uji ANOVA satu arah dan DMRT pada Variasi waktu pengadukan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	693,132	5	138,626	,782	,565
Within Groups	18090,597	102	177,359		
Total	18783,729	107			

	waktu	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	10 menit	18	42,0556
	0,5 menit	18	45,0833
	3 menit	18	45,9722
	6 menit	18	47,2778
	1 menit	18	48,7222
	2 menit	18	49,8056
	Sig.		,131

Tidak signifikan



HASIL PENELITIAN

Uji ANOVA dua arah antara suhu dan perbandingan molar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7669,938 ^a	17	451,173	3,654	,000
Intercept	233383,521	1	233383,521	1889,951	,000
molar	2173,292	2	1086,646	8,800	,000
suhu	3373,688	5	674,738	5,464	,000
molar * suhu	2122,958	10	212,296	1,719	,088
Error	11113,792	90	123,487		
Total	252167,250	108			
Corrected Total	18783,729	107			

Tidak signifikan



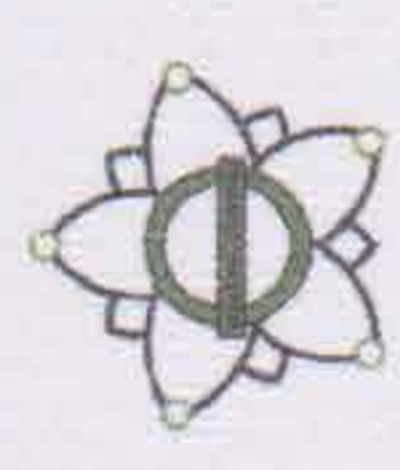
KESIMPULAN

1. VARIASI YANG DIBERIKAN PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DIUJI DENGAN ANOVA DAN DMRT.
2. HASIL ANALISIS MENUNJUKKAN ADANYA PERBEDAAN YANG SIGNIFIKAN KARENA PERBEDAAN SUHU MINYAK JELANTAH DAN PERBANDINGAN MOLAR.
3. NILAI VARIASI TERBAIK PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL PADA SUHU 55 °C DAN PERBANDINGAN MOLAR 1 : 6.
4. SEDANGKAN VARIASI WAKTU TIDAK MEMBERIKAN PENGARUH YANG SIGNIFIKAN SEHINGGA DAPAT DIPILIH WAKTU PALING CEPAT DENGAN TUJUAN EFISIENSI WAKTU.



TERIMA KASIH





Sertifikat



Diberikan Kepada :

Tri Wahyu Saputra

Sebagai

PEMAKALAH SEMINAR NASIONAL PAMERAN TEKNOLOGI PERTANIAN & KONGRES PERHIMPUNAN TEKNIK PERTANIAN INDONESIA (P E R T E T A)

Banda Aceh, 02 - 05 November 2017

KETUA PERTETA ACEH

Dr. Ir. Syahrul, M.Sc
CABANG ACEH

UNIVERSITAS SYIAH KUTUB
FAKULTAS PERTANIAN
KETUA PRODI TEKNIK PERTANIAN
UNSYIAH

Dr. Ichwana, ST, MP

KETUA PANITIA

PERTETA
PANITIA
ACEH
Dr. Kiman Sitegar, S.TP, M.Si