

ISSN (p) : 2302-559X
ISSN (e) : 2549-0818



Teknik Pertanian Lampung JURNAL

Vol. 7, No. 2, Agustus 2018



Jurnal Teknik
Pertanian Lampung

Volume
7

No.
2

Hal
63-121

Lampung
Agustus 2018

(p) 2302-559X
(e) 2549-0818

Published by: Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung



Jurnal Teknik Pertanian (J-TEP) merupakan publikasi ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian, pengembangan, kajian atau gagasan dalam bidang keteknikan pertanian. Lingkup penulisan karya ilmiah dalam jurnal ini antara lain: rekayasa sumber daya air dan lahan, bangunan dan lingkungan pertanian, rekayasa bioproses dan penanganan pasca panen, daya dan alat mesin pertanian, energy terbarukan, dan system kendali dan kecerdasan buatan dalam bidang pertanian. J-TEP terbit sebanyak 3 (tiga) kali dalam satu tahun. Mulai tahun 2018 J-TEP menerbitkan jurnla pada bulan April, Agustus, dan Desember. J-TEP terbuka untuk umum, peneliti, mahasiswa, praktisi, dan pemerhati dalam dunia keteknikan pertanian.

Ketua Editor

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P

Reviewer

Prof. Dr. Ir, R.A. Bustomi Rosadi, M.S. (Manajemen Irigasi, Universitas Lampung)
Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T (Pengelolaan Limbah Agroindustri, Universitas Lampung)
Ir. Mimin Muhaemin, M.Eng., Ph.D (Mekanisasi Pertanian, Universitas Padjajaran)
Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. (Rekayasa Sumberdaya Lahan dan Air, Universitas Lampung)
Dr. Eng Muhammad Makky (Teknik Biosistem, Universitas Andalas)
Dr. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr (Spektroskopi, Universitas Lampung)
Dr. Ir. Wiludjeng Trisasiwi, MP (Energi Terbarukan, Universitas Jenderal Soedirman)
Dr. Sri Rahayoe, S.TP, M.P (Pengolahan Pangan, Universitas Gadjah Mada)

Dewan Redaksi

Ketua : Ahmad Tusi, S.TP, M.Si
Sekretaris : Cicih Sugianti, S.TP, M.Si
Anggota : Dr. Mareli Telaumbanuwa, S.TP, M.Sc
Winda Rahmawati, S.TP, M.Si., M.Sc
Tri Wahyu Saputra, S.T.P. M.Sc.

Jurnal Teknik Pertanian diterbitkan oleh Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

Alamat Redaksi J-TEP:

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brodjonegoro No.1
Telp. 0721-701609 ext. 846
Website :<http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
Email :jurnal_tep@fp.unila.ac.id dan ae.journal@yahoo.com

PENGANTAR REDAKSI

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah yang Maha Kuasa, Jurnal Teknik Pertanian (J-TEP) Volume 7 No 2 Tahun 2018 dapat diterbitkan. Pada edisi kali ini dimuat 7 (tujuh) artikel yang merupakan karya tulis ilmiah dari berbagai bidang kajian dalam dunia Keteknikan Pertanian yang meliputi modifikasi mesin peniris minyak dan analisis kelayakan produksi keripik bayam, kajian media tanam hidroponik dengan media baglog dan arang sekam, penentuan parameter kinetika pada sintesis biodeisel, evaluasi non-destruktif asam lemak bebas dengan spektroskopi, uji kinerja alat pengering jagung, unjuk kerja mesin pemotong padi, dan evaluasi mutu biji melinjo dengan citra digital.

Pada kesempatan kali ini kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para penulis atas kontribusinya dalam Jurnal TEP dan kepada para reviewer/penelaah jurnal ini atas peran sertanya dalam meningkatkan mutu karya tulis ilmiah yang diterbitkan dalam edisi ini.

Akhir kata, semoga Jurnal TEP ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang keteknikan pertanian.

Redaksi J TEP-Lampung

ISSN (p): 2302-559X

ISSN (e): 2549-0818

	<i>Halaman</i>
Daftar isi Pengantar Redaksi	
MODIFIKASI MESIN PENIRIS MINYAK DAN KELAYAKAN FINANSIAL PRODUKSI KERIPIK BAYAM <i>Ahmad Thoriq, Totok Herwanto, Drupadi Ciptaningtyas</i>	63-71
PENENTUAN NILAI PARAMETER KINETIKA ORDE SATU PADA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH <i>Amieria Citra Gita, Agus Haryanto, Tri Wahyu Saputra, Mareli Telaumbanua</i>	72-79
EVALUASI NON-DESTRUKTIF KANDUNGAN ASAM LEMAK BEBAS (ALB) TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT DENGAN METODE NIR SPEKTROSKOPI <i>Zaqlul Iqbal, Sam Herodian, Slamet Widodo</i>	80-87
UJI KINERJA ALAT PENERING SILINDER VERTIKAL PADA PROSES PENERINGAN JAGUNG (<i>Zea mays ssp.mays</i>) <i>Made Aditya Putra, Sandi Asmara, Cicih Sugianti, Tamrin</i>	88-96
UNJUK KERJA MESIN PEMOTONG PADI (<i>PADDY MOWER</i>) SAAT PEMANENAN PADI (<i>Oryza Sativa L.</i>) DI LAHAN BASAH <i>Siti Anisa, Siti Suharyatun, Oktafri, Sandi Asmara</i>	97-105
EVALUASI MUTU BIJI MELINJO (<i>Gnetum gnemon L.</i>) MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL <i>Slamet Widodo dan Muhammad Kalili</i>	106-114
KAJIAN MEDIA TANAM HIDROPONIK DARI CAMPURAN BAHAN BAKU LIMBAH BAGLOG DAN ARANG SEKAM <i>Dyah Isworo, Sugeng Triyono, Agus Haryanto, Iskandar Zulkarnain</i>	115-121

PEDOMAN PENULISAN ARTIKEL BAGI PENULIS

- 1) **Naskah:** Redaksi menerima sumbangan naskah/tulisan ilmiah dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, dengan batasan sebagai berikut :
 - a. Naskah diketik pada kertas ukuran A4 (210mm x 297mm) dengan 2 spasi dan ukuran huruf Times New Roman 12pt. Jarak tepi kiri, kanan, atas, dan bawah masing-masing 3 cm. Panjang naskah tidak melebihi 20 halaman termasuk abstrak, daftar pustaka, tabel dan gambar. **Semua tabel dan gambar ditempatkan terpisah pada bagian akhir naskah (tidak disisipkan dalam naskah)** dengan penomoran sesuai dengan yang tertera dalam naskah. Naskah disusun dengan urutan sebagai berikut: Judul; Nama Penulis disertai dengan catatan kaki tentang instansi tempat bekerja; Pendahuluan; Bahan dan Metode; Hasil dan Pembahasan; Kesimpulan dan Saran; Daftar Pustaka; serta Lampiran jika diperlukan. Template penulisan dapat didownload di <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
 - b. **Abstrak (Abstract)** dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, tidak lebih dari 200 kata. Mengandung informasi yang tertuang dalam penulisan dan mudah untuk dipahami. Ringkasan (abstract) harus memuat secara singkat latar belakang, tujuan, metode, serta kesimpulan dan yang merupakan *high light* hasil penelitian.
 - c. **Pendahuluan:** memuat latar belakang masalah yang mendorong dilaksanakannya perekayasaan dan penelitian, sitasi dari temuan-temuan terdahulu yang berkaitan dan relevan, serta tujuan perekayasaan atau penelitian.
 - d. **Bahan dan Metoda:** secara jelas menerangkan bahan dan metodologi yang digunakan dalam perekayasaan atau penelitian berikut dengan lokasi dan waktu pelaksanaan, serta analisis statistik yang digunakan. Rujukan diberikan kepada metoda yang spesifik.
 - e. **Hasil dan Pembahasan:** Memuat hasil-hasil perekayasaan atau penelitian yang diperoleh dan kaitannya dengan bagaimana hasil tersebut dapat memecahkan masalah serta implikasinya. Persamaan dan perbedaannya dengan hasil perekayasaan atau penelitian terdahulu serta prospek pengembangannya. Hasil dapat disajikan dengan menampilkan gambar, grafik, ataupun tabel.
 - f. **Kesimpulan dan Saran:** memuat hal-hal penting dari hasil penelitian dan kontribusinya untuk mengatasi masalah serta saran yang diperlukan untuk arah perekayasaan dan penelitian lebih lanjut.
 - g. **Daftar Pustaka:** disusun secara alfabetis menurut penulis, dengan susunan dan format sebagai berikut: Nama penulis didahului nama family/nama terakhir diikuti huruf pertama nama kecil atau nama pertama. Untuk penulis kedua dan seterusnya ditulis kebalikannya. Contoh:
 - Kepustakaan dari Jurnal:
Tusi, Ahmad, dan R.A. Bustomi Rosadi. 2009. *Aplikasi Irigasi Defisit pada Tanaman Jagung*. Jurnal Irigasi. 4(2): 120-130.
 - Kepustakaan dari Buku:
Keller, J, and R.D. Bleisner. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. AVI Publishing Company Inc. New York, USA.
 - h. **Satuan:** Satuan harus menggunakan system internasional (SI), contoh : m (meter), N (newton), °C (temperature), kW dan W (daya), dll.
- 2) **Penyampaian Naskah:** Naskah/karya ilmiah dapat dikirimkan ke alamat dalam bentuk *soft copy* ke :
Redaksi J-TEP (Jurnal Teknik Pertanian Unila)
Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brodjonegoro No. 1
Telp. 0721-701609 ext. 846
Website : <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
Email : jurnal.tep@fp.unila.ac.id atau ae.journal@yahoo.com
- 3) Selama proses penerimaan karya ilmiah, penelaahan oleh Reviewer, sampai diterimanya makalah untuk diterbitkan dalam jurnal akan dikonfirmasi kepada penulis melalui email.
- 4) Reviewer berhak melakukan penilaian, koreksi, menambah atau mengurangi isi naskah/tulisan bila dianggap perlu, tanpa mengurangi maksud dan tujuan penulisan.

PENENTUAN NILAI PARAMETER KINETIKA ORDE SATU PADA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

DETERMINING PARAMETERS OF FIRST ORDER KINETICS ON BIODIESEL SYNTHESIS FROM WASTE COOKING OIL

Amieria Citra Gita^{1*}, Agus Haryanto¹, Tri Wahyu Saputra¹, Mareli Telaumbanua¹

¹ Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung

*komunikasi penulis, email: citraamieria@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv7.i2.72-79>

Naskah ini diterima pada 26 Februari 2018; revisi pada 16 Agustus 2018; disetujui untuk dipublikasikan pada 16 Agustus 2018

ABSTRACT

Biodiesel is one of alternative energy of diesel engine or diesel fuel from transesterification method by reacting waste cooking oil with methanol that will produce methyl ester and glycerol with the aid of basic catalyst. The aims of this research to observe the influence of temperature and reaction time to produce biodiesel and to determine the value of first order kinetics parameters on biodiesel synthesis. This research was conducted using transesterification method with molar 1: 6 ratio with reaction time of 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 6 and 10 min and the reaction temperature of 30, 35, 40, 45, 50, and 55 °C. The materials used in this research include waste cooking oil, methanol and NaOH. Parameters analyzed were yield, density, viscosity, reaction rate constant and activation energy. The reaction kinetics is constructed with the assumption that the transesterification reaction is a first order reaction and is a function of the temperature and non-biodiesel concentration. The results showed that the yield of biodiesel ranged from 0 to 78.44%. The highest yield was at temperature of 55 °C and reaction time of 10 minutes. The resulted biodiesel has a density between 0,863-0,885 gram/ml and viscosity of 2,825-5,277 cSt meeting the SNI. The results showed that the higher the reaction temperature the greater the value of the reaction rate constant (k). The k values of 9.8 (10⁻⁴) s⁻¹, 10,8 (10⁻⁴) s⁻¹, 11.67 (10⁻⁴) s⁻¹, 14,00 (10⁻⁴) s⁻¹, 14.83 (10⁻⁴) s⁻¹, and 21.67 (10⁻⁴) s⁻¹ were respectively obtained for temperatures of 30, 35.40, 45.50 and 55 °C. The value of the activation energy (Ea) of the waste cooking oil transesterification reaction was 23.83 kJ/mol.

Keywords: Biodiesel, Waste cooking oil, Base Transesterification, Kinetics reaction

ABSTRAK

Biodiesel merupakan alternatif pengganti bahan bakar solar yang dapat dibuat dari minyak jelantah. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan metode transesterifikasi yaitu mereaksikan antara minyak jelantah dan metanol sehingga menghasilkan metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh suhu dan waktu reaksi dalam pembuatan biodiesel dan menentukan nilai parameter kinetika orde satu pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah untuk memprediksi hasil reaksi. Penelitian ini menggunakan rasio molar 1:6 dengan waktu reaksi sebesar 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 6 dan 10 menit dan suhu reaksi sebesar 30, 35, 40, 45, 50, dan 55 °C. Bahan yang digunakan meliputi minyak jelantah, metanol dan NaOH dengan parameter penelitian meliputi rendemen, massa jenis dan viskositas. Kinetika reaksi merupakan reaksi orde satu dari fungsi suhu dan konsentrasi non biodiesel untuk memperoleh konstanta laju reaksi dan energi aktivasi. Hasil penelitian menunjukkan rendemen biodiesel tertinggi terdapat pada suhu 55 °C dan waktu reaksi 10 menit. Biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis antara 0,863-0,885 gram/ml (sesuai SNI), dan viskositas 2,825-5,277 cSt (sesuai SNI). Nilai konstanta laju reaksi (k) pada suhu 30, 35, 40, 45, 50 dan 55 °C sebesar 9,8×10⁻⁴ s⁻¹, 10,8×10⁻⁴ s⁻¹, 11,67×10⁻⁴ s⁻¹, 14×10⁻⁴ s⁻¹, 14,83×10⁻⁴ s⁻¹, dan 21,67×10⁻⁴ s⁻¹. Nilai energi aktivasi (Ea) reaksi yang dihasilkan sebesar 23,83 kJ/mol.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Transesterifikasi Basa, Kinetika Reaksi

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi akan terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Pada akhir 2014, cadangan minyak bumi Indonesia tersisa 10,5 miliar ton dan hanya akan bertahan selama 12 tahun apabila dihitung dengan tingkat produksi 852 ribu barrel per hari (British Petroleum, 2015). Cadangan semakin menipis karena produksi bahan bakar minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan 10% sedangkan tingkat konsumsinya naik sekitar 6% setiap tahunnya (Bambang, 2006). Energi alternatif diperlukan sebagai salah satu solusi mengurangi ketergantungan pada minyak bumi yang salah satunya adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar diesel atau solar yang dapat diperbaharui. Terdapat lebih dari 50 jenis bahan baku yang berpotensi sebagai bahan utama membuat biodiesel di Indonesia yaitu minyak jelantah, kelapa sawit, kelapa, alga, jarak pagar dan karet (Kucahyo dkk., 2013). Minyak jelantah merupakan salah satu bahan yang potensial untuk digunakan karena mudah ditemui di masyarakat, tersedia secara kontinu dan harganya terjangkau bahkan gratis. Selain itu, minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga yang memiliki kandungan karsinogenik cukup tinggi sehingga pemanfaatan limbah minyak jelantah juga dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dapat menggunakan metode transesterifikasi. Metode transesterifikasi yaitu metode yang mereaksikan minyak jelantah dengan alkohol dan katalis yang akan menghasilkan biodiesel dan gliserol. Transesterifikasi dapat dilakukan dengan katalis asam 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% H_2SO_4 , pada $95^\circ C$ mencapai konversi ester hingga 99,7% pada rasio molar alkohol:minyak pada 40:1 dan lama reaksi 9 jam. 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.

Faktor yang mempengaruhi hasil reaksi yaitu suhu dan waktu reaksi. Analisis kinetika reaksi diperlukan untuk memprediksi hasil reaksi pada suhu dan waktu tertentu yang paling optimal. Kinetika reaksi yang digunakan adalah kinetika reaksi orde satu untuk memperoleh laju reaksi (k) dan energi aktivasi (E_a). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh suhu dan waktu reaksi dalam pembuatan biodiesel dan menentukan nilai parameter kinetika orde satu pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah untuk memprediksi hasil reaksi.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada 5 Oktober-5 November 2017 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Alat digunakan pada penelitian ini adalah pipet tetes, *stirrer*, *heater*, aluminium foil, labu erlenmeyer, gelas ukur, gelas beaker, botol bening, timbangan analitik, *falling ball viscometer*, *ruber bulb*, termometer, piknometer, spatula, *stopwatch*, sarung tangan, dan masker. Bahan yang digunakan adalah minyak jelantah, metanol teknis, NaOH, dan aquades.

Penelitian ini menggunakan metode transesterifikasi dengan perbandingan rasio molar 1:6. Faktor waktu reaksi menggunakan 7 taraf perlakuan dan faktor suhu reaksi menggunakan 6 taraf perlakuan. Waktu reaksi terdiri dari 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 6 dan 10 menit sedangkan suhu reaksi terdiri dari 30, 35, 40, 45,

50, dan 55 °C. Parameter pada penelitian ini adalah rendemen dan analisis kinetika.

2.1 Perhitungan Rendemen

Rendemen biodiesel diperlukan untuk menyusun persamaan kinetika reaksi. Rendemen biodiesel (%) dihitung dari Persamaan (1):

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot Minyak Jelantah}} \times 100\% \quad (1)$$

2.2 Analisis Kinetika

Kinetika reaksi dapat dirunut dengan Persamaan 2 – Persamaan 6.

$$\text{Laju reaksi} = \text{Rate} = -\frac{d[\text{NBD}]}{dt} = k[\text{NBD}] \quad (2)$$

dimana NBD adalah fraksi non-biodiesel, $[NBD]$ konsentrasi non biodiesel, t waktu reaksi, dan k konstanta laju rekasi. Persamaan (2) dapat dirangkai ulang sebagai:

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

Pada $t = 0$ konsentrasi NBD adalah $[NBD_0]$ dan pada $t = t$ konsentrasi NBD adalah $[NBD_t]$, dimana $[NBD_0] > [NBD_t]$. Integrasi Pers. (3) menghasilkan:

$$-\int_{[NBD_t]}^{[NBD_0]} \frac{d[\text{NBD}]}{[\text{NBD}]} = k \int_0^t dt \quad (4)$$

Atau

$$-\ln \frac{[NBD_t]}{[NBD_0]} = kt \quad (5)$$

Dengan asumsi bahwa pada $t = 0$, belum ada biodiesel dan semua komponen dianggap NBD maka :

$$\frac{[NBD_t]}{[NBD_0]} = \frac{[NBD_0] - [BD_t]}{[NBD_0]} = 1 - \frac{[BD_t]}{[NBD_0]} \quad (6)$$

Seperti diberikan dalam Persamaan (1) $[NBD_t]/[NBD_0]$ adalah rendemen biodiesel. Dengan mensubstitusikan rendemen biodiesel, maka Persamaan (7) dapat disajikan sebagai:

$$1 - \text{Rendemen} = \exp(-kt) \quad (7)$$

Nilai k yaitu konstanta laju reaksi diperoleh dari plot eksponensial (1 - Rendemen) versus t pada suhu yang berbeda-beda. Selanjutnya nilai-nilai konstanta laju reaksi digunakan untuk menentukan nilai energi aktivasi global (Ea). Nilai Ea diperoleh dari plot eksponensial k versus $1/T$ dari reaksi transesterifikasi dengan menggunakan Persamaan Arrhenius :

$$k = A \exp (-Ea/RT) \quad (8)$$

dimana A adalah konstanta frekuensi tumbukan molekul, R konstanta gas universal (8,3145 J/mol.K), dan T suhu mutlak (K).

2.3 Pengujian Model Kinetika

Pengujian model persamaan dilakukan untuk membandingkan rendemen yang dihasilkan pada observasi dengan rendemen yang diprediksi. Validasi model persamaan ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan model kinetika yang telah dibuat. Validasi model dilakukan dengan data rendemen biodiesel pada waktu reaksi 8 menit pada tiap suhu. Keakuratan hasil validasi diketahui dari persentase data yang berada di wilayah $BD_t \pm RMSE$ pada grafik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

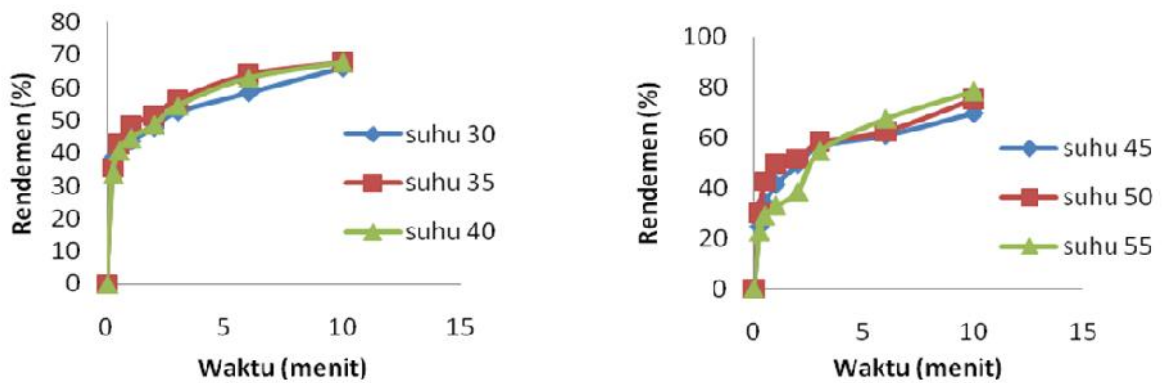
3.1 Rendemen Biodiesel

Rendemen merupakan jumlah biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah sampai menjadi biodiesel dalam satuan persen (%). Rendemen Biodiesel yang dihasilkan disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa rendemen tertinggi terjadi pada kondisi suhu 55°C dengan waktu reaksi 10 menit yaitu sebesar 78,44 %. Penelitian sebelumnya dengan cara konvensional dilaporkan oleh Sinaga (2014) bahwa rendemen tertinggi yang dihasilkan sebesar 72,87% dengan suhu 65 °C pada waktu 30 menit. Penelitian sebelumnya melaporkan rendemen yang dihasilkan menggunakan gelombang ultrasonik frekuensi 42 kHz memerlukan waktu 30 menit untuk menghasilkan 70,67% (Desiyana, 2014) dengan rasio molar 1:6, dan perbandingan molar 1:4 menghasilkan rendemen sebesar 76,6 % (Yozana, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa

Tabel 1. Rendemen biodiesel sebagai fungsi waktu dan suhu reaksi

Waktu (menit)	Rendemen (%)					
	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
0	0	0	0	0	0	0
0,25	38,88	35,44	33,64	24,62	30,08	22,57
0,5	41,82	42,72	40,63	34,01	42,80	29,02
1	43,69	48,50	44,54	41,50	49,69	33,07
2	47,86	51,49	48,52	49,47	51,87	38,64
3	52,59	56,24	54,43	56,91	58,34	54,69
6	58,46	64,02	62,90	61,11	62,62	67,56
10	66,19	67,67	67,61	69,92	75,46	78,44



Gambar 1. Rendemen biodiesel sebagai fungsi waktu dan suhu reaksi

perbandingan molar 1:6, suhu yang tinggi dan waktu reaksi yang lama menghasilkan rendemen yang lebih besar.

3.2 Kinetika Reaksi Biodiesel

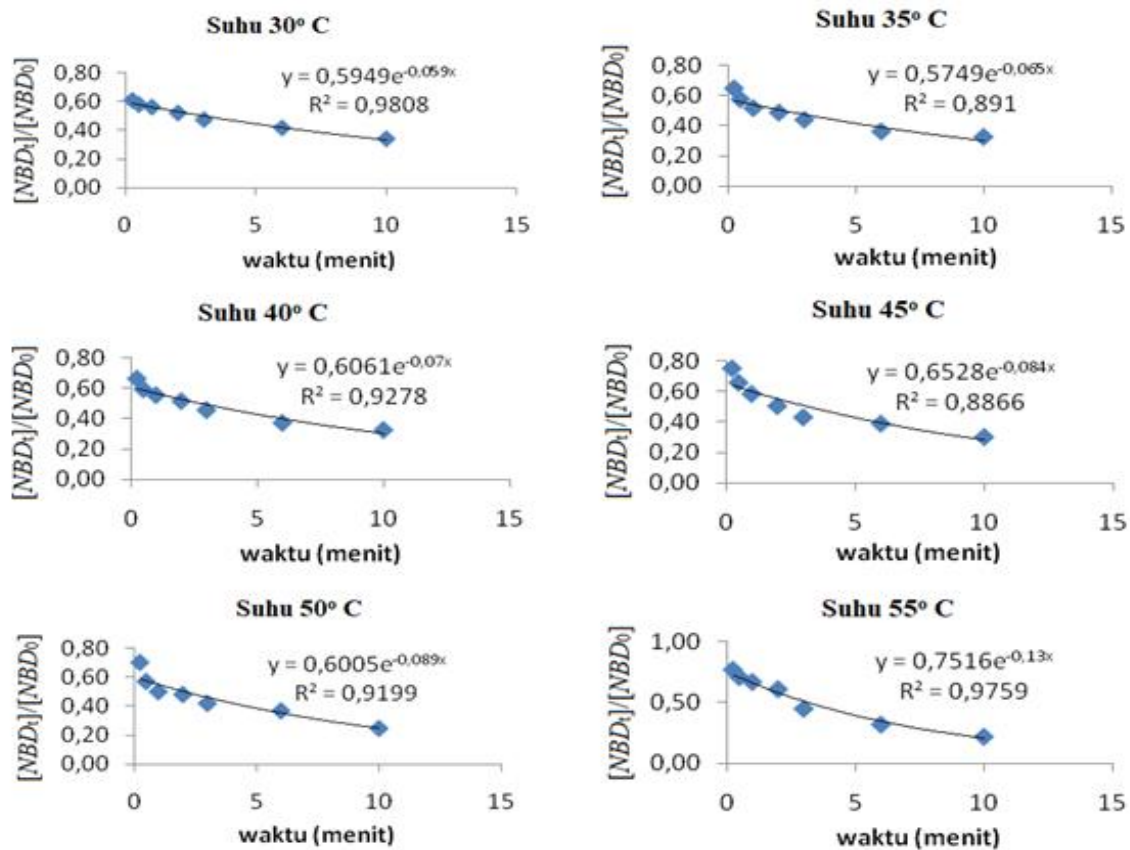
3.2.1 Konstanta Laju Reaksi (*k*)

Kinetika reaksi mempelajari laju berlangsungnya reaksi dan energi yang terlibat dalam proses tersebut serta mekanisme berlangsungnya reaksi. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan $[NBD_t]/[NBD_0]$ pada berbagai suhu dan waktu reaksi. Konstanta laju reaksi (*k*) diperoleh dari plot $[NBD_t]/[NBD_0]$ versus waktu reaksi seperti disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2 menghasilkan persamaan $y = C \exp(-kx)$. Setiap suhu memiliki nilai konstanta laju reaksi yang berbeda-beda. Kecenderungan adalah bahwa konstanta laju reaksi transesterifikasi minyak jelantah meningkat terhadap suhu seperti yang disajikan pada Tabel 3. Nilai *k* berbanding lurus dengan peningkatan suhu, artinya semakin tinggi suhu maka nilai *k* akan semakin besar hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu, laju pergerakan setiap molekul akan semakin cepat, sehingga reaksi akan semakin cepat (Yozana, 2016).

Tabel 2. Data $[NBD_t]/[NBD_0]$ pada berbagai suhu dan waktu reaksi

Waktu Reaksi (menit)	$[NBD_t]/[NBD_0]$					
	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
0,25	0,61	0,65	0,66	0,75	0,70	0,77
0,5	0,58	0,57	0,59	0,66	0,57	0,71
1	0,56	0,51	0,55	0,59	0,50	0,67
2	0,52	0,49	0,51	0,51	0,48	0,61
3	0,47	0,44	0,46	0,43	0,42	0,45
6	0,42	0,36	0,37	0,39	0,37	0,32
10	0,34	0,32	0,32	0,30	0,25	0,22



Gambar 2. Hubungan antara $[NBD_t]/[NBD_0]$ dengan waktu reaksi pada berbagai suhu

Tabel 3. Hubungan suhu dengan konstanta laju reaksi pada berbagai suhu

Suhu (°C)	<i>k</i> per menit
30	0,059
35	0,065
40	0,070
45	0,084
50	0,089
55	0,130

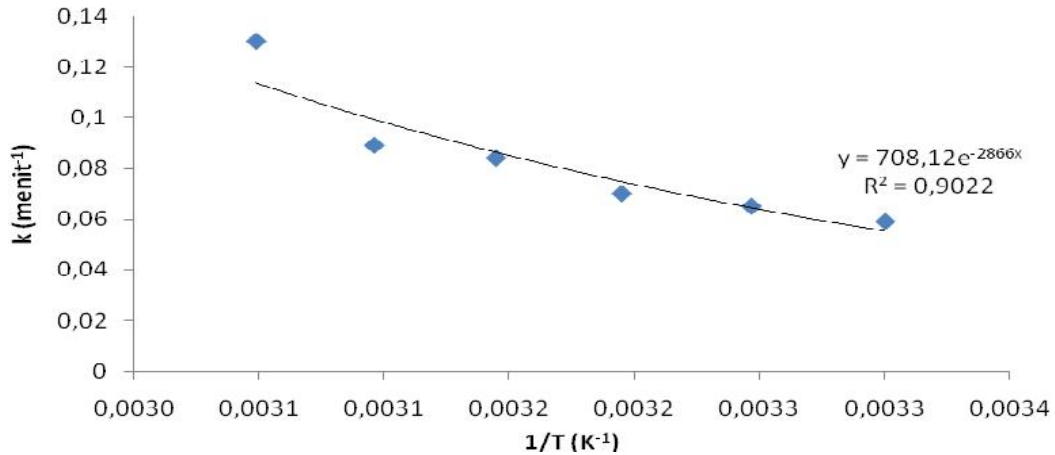
Penelitian sintesis biodiesel menghasilkan nilai konstanta laju reaksi terbesar yaitu 0,130 per menit pada suhu 55 °C dan nilai konstanta laju reaksi pada suhu 55 °C ini lebih besar, jika dibandingkan dengan konstanta laju reaksi yang dihasilkan pada penelitian Renata (2016). Dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah dan bantuan gelombang mikro, Renata (2016) mendapatkan nilai konstanta 0,096 pada suhu 55 °C dengan perbandingan molar 1:4. Hal ini menunjukkan bahwa rasio molar yang digunakan berpengaruh terhadap laju reaksi.

3.2.2 Energi Aktivasi (*Ea*)

Data hubungan konversi biodiesel sebagai fungsi suhu dan waktu dapat digunakan sebagai data untuk menentukan harga setiap parameter pada model kinetika yang diusulkan. Berdasarkan Persamaan (8), maka dapat dibuat plot eksponensial hubungan antara nilai *k* terhadap invers suhu ($1/T$) seperti disajikan pada Gambar 3. Sebagaimana terlihat pada gambar, hubungan tersebut menghasilkan Persamaan (9):

$$y = 708,12 \exp (-2866 x) \quad (9)$$

Nilai (Ea/R) pada Persamaan (9) sebesar -2866 sehingga dengan nilai *R* sebesar 8,314 maka nilai *Ea* adalah 23,83 kJ/mol. Persamaan (9) juga menunjukkan bahwa nilai konstanta frekuensi tumbukan sebesar 708,12 per menit. Energi aktivasi ditentukan dari konstanta laju eksperimental atau koefisien yang diukur pada temperatur yang berbeda yang berarti ketergantungan pada suhu laju reaksi (Renata, 2016). Energi aktivasi sendiri dapat



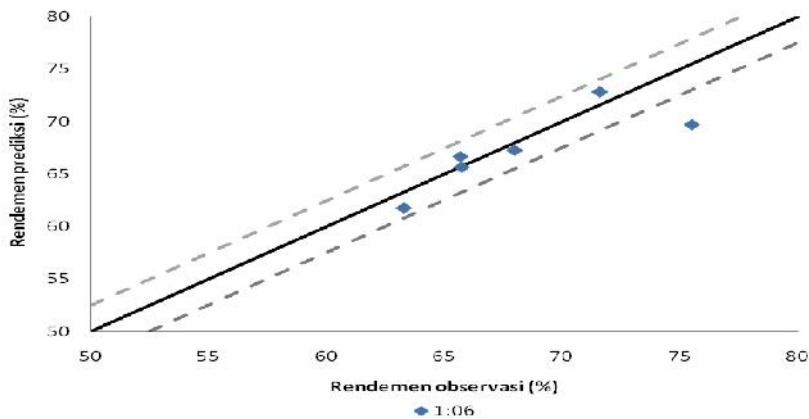
Gambar 3. Hubungan antara 1/T dengan nilai k

didefinisikan sebagai energi yang harus dilampaui agar reaksi kimia dapat terjadi. Energi aktivasi dapat menunjukkan tingkat kemudahan atau kesulitan reaksi tersebut berlangsung, yang secara teori jika suatu reaksi memiliki energi aktivasi yang lebih kecil akan cenderung bereaksi lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan suatu reaksi yang memiliki energi aktivasi lebih besar yang cenderung akan bereaksi lebih sulit

dan lama (Rahman dan Sanjaya, 2012). Semakin besar nilai konstanta laju reaksi, maka reaksi akan berlangsung cepat. Semakin cepat suatu reaksi memungkinkan terjadinya tumbukan partikel dalam jumlah besar dengan waktu yang relatif singkat dan tingkat energi yang lebih rendah sehingga keseimbangan akan tercapai pada waktu yang lebih cepat.

Tabel 5. Perbandingan Rendemen Biodiesel Hasil Penelitian dan Perhitungan

Suhu (°C)	Rendemen (%) Observasi	Rendemen (%) Prediksi	Error	Kuadrat Error
30	63	62	1,5	2,3
35	66	66	0,1	0,0
40	66	67	-1,0	1,0
45	68	67	0,7	0,5
50	72	73	-1,3	1,6
55	75	70	5,8	33,5
			MSE	6,5
			RMSE	2,5



Gambar 4. Hubungan antara Rendemen Observasi dengan Rendemen Prediksi

3.3 Pengujian Model Kinetika

Validasi model kinetika dilakukan untuk membandingkan rendemen hasil observasi dengan rendemen hasil prediksi. Rendemen hasil observasi dan rendemen hasil prediksi pada rasio molar 1:6 disajikan pada Tabel 5. Validasi model kinetika dilakukan untuk mengetahui keakuratan model yang dibuat. Hubungan antara rendemen hasil observasi dan rendemen prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan akurasi prediksi rendemen terhadap rendemen hasil observasi. Nilai rendemen prediksi berada dalam batas RMSE namun ada satu data yang berada di luar batas RMSE. RMSE merupakan akar kuadrat dari rata-rata jumlah kuadrat error tiap data yang dalam penelitian ini sebesar $\pm 2,5\%$. Dari 6 sampel, satu sampel pengujian berada di luar batas RMSE yaitu pada suhu $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi model persamaan yang dihasilkan dalam penelitian ini sebesar $83,33\%$, sehingga model persamaan memiliki tingkat keakuratan yang baik (di atas 80%).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

1. Rendemen biodiesel tertinggi dihasilkan pada kondisi suhu $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu reaksi 10 menit yaitu sebesar $78,44\%$
2. Biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis berkisar antara $0,863\text{-}0,885\text{ g/ml}$ (memenuhi SNI $0,85\text{-}0,89\text{ g/ml}$), viskositas biodiesel berkisar antara $2,825\text{-}5,277\text{ cSt}$ (memenuhi SNI $2,3\text{-}6,0\text{ cSt}$).
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu rekasi maka semakin besar nilai konstanta laju reaksi (k). Nilai k yang diperoleh adalah $9,8(10^{-4})\text{ s}^{-1}$, $10,8(10^{-4})\text{ s}^{-1}$, $11,67(10^{-4})\text{ s}^{-1}$, $14,00(10^{-4})\text{ s}^{-1}$, $14,83(10^{-4})\text{ s}^{-1}$, dan $21,67(10^{-4})\text{ s}^{-1}$ berturut-turut diperoleh untuk suhu $30, 35, 40, 45, 50$ dan $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. Nilai energi aktivasi (E_a) reaksi transesterifikasi minyak jelantah yang dihasilkan sebesar $23,83\text{ kJ/mol}$.

5. Model persamaan yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai RMSE sebesar $\pm 2,5\%$ dan tingkat keakuratan sebesar $83,33\%$.

V. ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skim Riset Fundamental dengan nomor kontrak: $071/SP2H/LT/DRPM/IV/2017585$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang. 2006. *Biodiesel Sumber Energi Alternatif Pengganti Solar yang Terbuat dari Ekstraksi Minyak Jarak Pagar*. Trubus Agrisarana. Surabaya.
- British Petroleum. 2015. *BP Statistical Review of World Energy June 2015*. (diakses dari <https://www.bp.com> tanggal 2 Agustus 2017).
- Canakci, M. dan Gerpen, J.V. 1999. Biodiesel production via acid catalysis. *Transactions of the ASAE* Vol. **42**(5): 1203-1210.
- Crabbe, E., Nolasco-Hipolito, C., Kobayashi, G., Sonomoto, K., dan Ishizaki, A. 2001. Biodiesel production from crude palm oil dan evaluation of butanol extraction dan fuel properties. *Process Biochemistry*. Vol. 37: 65-71.
- Desiyana, V. 2014. Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Transesterifikasi yang Dibantu Gelombang Ultrasonik. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 105 hlm.
- Kuncahyo, P., Fathallah, A.Z.M., dan Semin. 2013. Analisa prediksi potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2(1): 2301 - 9271.

- Rahman, A.Z. dan Sanjaya, I.G.M. 2012. Rasionalisasi jalur sintesis laevifonal dari trans-resveratol dengan menggunakan teori fungsional kerapatan (DFT). *UNESA Journal of Chemistry*. Vol. 1(1) : 1-9.
- Renata, M.O., 2016. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 36 hlm.
- Sinaga S. V, Haryanto, A., Triyono, S. 2014. Pengaruh suhu dan waktu reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 3(1):27-34).
- Yozana, O. 2016. Kinetika Transesterifikasi Minyak Jelantah. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 37 hlm.