

KINETIKA REAKSI TRANESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH

(Skripsi)

Oleh

Ovita Yozanna



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

ABSTRAK

KINETIKA REAKSI TRANESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH

Oleh

OVITA YOZANNA

Biodiesel merupakan nama yang diberikan untuk bahan bakar yang terdiri dari mono-alkyl ester yang berasal dari asam lemak yang sumbernya renewable.

Biodiesel adalah bahan bakar yang ramah lingkungan dan menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional.

Biodiesel dibuat melalui reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis NaOH. Faktor yang mempengaruhi kadar ester reaksi transesterifikasi adalah suhu dan lama reaksi. Kinetika reaksi diperlukan untuk memprediksi hasil reaksi pada suatu waktu dan kondisi tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun kinetika pembuatan biodiesel dari minyak jelantah melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis NaOH.

Penelitian dilakukan menggunakan minyak jelantah yang diperoleh dari penjual gorengan di Bandar Lampung. Bahan kimia yang digunakan adalah metanol dan NaOH. Setiap perlakuan dilakukan dengan menggunakan 100 ml minyak jelantah, 18 ml metanol (perbandingan molar minyak jelantah terhadap metanol 1 : 4) dan 0,5 gram NaOH. Kombinasi perlakuan adalah suhu (30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C) dan lama reaksi (10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit,

50 menit, dan 60 menit). Parameter yang dianalisis meliputi rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel. Model kinetika reaksi disusun dengan asumsi bahwa reaksi transesterifikasi adalah reaksi orde satu dan merupakan fungsi dari suhu dan konsentrasi non biodiesel. Energi aktivasi diperoleh dengan memanfaatkan persamaan Arrhenius.

Hasil penelitian menunjukkan rendemen biodiesel berkisar antara 29,6 – 76,6 %. Rendemen tertinggi terdapat pada suhu 60 °C dan lama reaksi 60 menit. Biodiesel yang dihasilkan memiliki massa jenis antara 0,86 – 0,87 gram/ml (sesuai SNI) dan viskositas biodiesel 2,66 – 2,99 cSt (sesuai SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konstanta laju reaksi meningkat seiring dengan bertambahnya suhu yaitu $k = 0,003/\text{menit}$ pada suhu 30 °C, $k = 0,008/\text{menit}$ pada suhu 40 °C, $k = 0,008/\text{menit}$ pada suhu 50 °C, $k = 0,010/\text{menit}$ pada suhu 60 °C. Nilai energi aktivasi (E_a) transesterifikasi minyak jelantah adalah 30,69 kJ/mol dan nilai konstanta frekuensi tumbukan (A) adalah 737,30 per menit.

ABSTRACT

REACTION KINETICS TRANESTERIFIKASI WASTE COOKING OIL

By

OVITA YOZANNA

Biodiesel is the name given to a fuel comprised of mono-alkyl esters derived from fatty acids renewable source. Biodiesel is an environmentally friendly fuel and produce emissions that are relatively cleaner than conventional fuels. Biodiesel is made through a tranesterifikasi reaction using methanol and catalyst NaOH.

Factors affecting the levels ester transesterification reaction is temperature and reaction time. The reaction kinetics are needed to predict the reaction proceeds at a time and under certain conditions. This study aimed to develop the kinetics of making biodiesel from waste cooking oil through transesterification reaction with NaOH catalyst.

The study was conducted using used cooking oil obtained from the seller fried in Bandar Lampung. The chemicals used are methanol and NaOH. Each treatment is done by using 100 ml of cooking oil, 18 ml of methanol (molar ratio of used cooking oil to methanol 1: 4) and 0.5 grams of NaOH. Combination treatment is the temperature (30 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C) and reaction time (10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes and 60 minutes). The parameters analyzed include yield, density, and viscosity of biodiesel. The reaction kinetics

model have been prepared assuming that the transesterifikasi reaction is first order reaction and is a function of temperature and concentration of non biodiesel. The activation energy is obtained by utilizing the Arrhenius equation.

The results showed the yield of biodiesel ranges from 29.6 to 76.6%. The yield is highest at 60 °C and reaction time 60 minutes. Biodiesel produced has a density of between 0.86 to 0.87 g / ml (SNI) and viscosity of biodiesel from 2.66 to 2.99 cSt (SNI). The results showed that the reaction rate constant increases with temperature, ie $k = 0.003$ minute at a temperature of 30 °C, $k = 0.008$ min at a temperature of 40 °C, and 50 °C and $k = 0.010$ min at temperature of 60 °C. The value of activation energy (E_a) for transesterification of waste cooking oil is 30.69 kJ and collision frequency constant value (A) is 737.30 per minute.

**KINETIKA REAKSI TRANESTERIFIKASI MINYAK
JELANTAH**

Oleh

Ovita Yozanna

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **KINETIKA REAKSI TRANSESTERIFIKASI
MINYAK JELANTAH**

Nama Mahasiswa : **Ovita Yozanna**

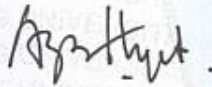
Nomor Pokok Mahasiswa : 1214071058

Program Studi : Teknik Pertanian

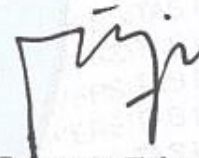
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

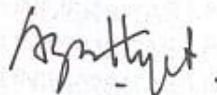


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002



Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP 19611211 198703 1 004

2. Ketua Jurusan



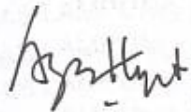
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

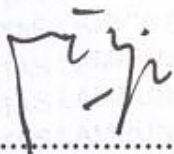
Ketua

: **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**


.....

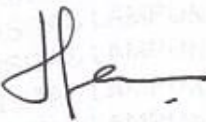
Sekretaris

: **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**


.....

Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Tamrin, M.Si.**


.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 September 2016

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah _____ Ovita Yozanna _____ NPM 1214071058

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis orang lain atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Yang membuat pernyataan



Ovita Yozanna
NPM. 1214071058

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 06 oktober 1994, anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Alm. Johanes Abu Bakar, S.H. M.H dan Ibu Hj. Desmarina Sesunan, S.Pd.

Pendidikan taman kanak-kanak di TK Aisyiyah Bandar Lampung diselesaikan tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Kedaton diselesaikan pada tahun 2006, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SMP) di SMPN 2 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Bandar Lampung diselesaikan tahun 2012.

Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswi jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2015 penulis melakukan Praktek Umum di PT. Garuda Food Putra Putri Jaya, di Bandar Lampung dengan judul “ *Proses Produksi Kacang atom di PT. Garuda Food Putra Putri Jaya*” dan pada tahun 2016 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Sidomulyo, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus.

Kupersembahkan karya kecil ini untuk:

*(Alm) Papa Johanes Abu Bakar. SH. MH. dan Mama Hj.
Desmarina Sesunan. S.Pd, adik Nasa Dwi Anggraini yang
telah memberikan dukungan, dan doa.*

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

Teknik Pertanian

2012

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "*Kinetika Reaksi Tranesterifikasi Minyak Jelantah*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., Selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus sebagai Pembimbing Akademik dan Pembimbing 1 Skripsi yang selalu memberikan ilmu, nasehat, arahan dan bimbingan kepada penulis,
2. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku Pembimbing 2 Skripsi dan Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku pembahas Skripsi yang selalu memberikan ilmu, nasehat, arahan dan bimbingan kepada penulis,
3. Bapak Prof. Dr. Irwan Sukri Banuwa, M.Si, selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
4. (Alm) papa tersayang Johanes Abu Bakar, S.H. M.H dan mama tersayang Hj. Desmarina Sesunan, S.Pd. serta adikku Nasa Dwi anggraini tersayang, terima kasih untuk doa, dukungan, nasehat, pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis,

5. Yasir Ahmad, S.H., penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis

Penulis berdoa semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka. Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun harapan penulis semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembacanya.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Penulis

Ovita Yozanna
1214071058

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui Skim Fundamental a.n. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P dengan nomor kontrak 76/UN26/8/LPPM/2016 tanggal 13 April 2016.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Gambaran energi di Indonesia.....	3
2.2 Biodiesel.....	5
2.3 Minyak Jelantah.....	7
2.3.1 Kandungan Kimia Minyak Jelantah.....	7
2.4 Transesterifikasi.....	9
2.5 Kinetika Transesterifikasi.....	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Parameter Perlakuan.....	14
3.4 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.1 Pembuatan larutan metoksi untuk proses transesterifikasi.....	15

3.4.2 Proses produksi biodiesel.....	15
3.4.3 Proses pencucian biodiesel	16
3.4.4 Diagram alir	18
3.5 Pengujian Biodiesel.....	19
3.5.1 Analisis rendemen biodiesel	19
3.5.2 Analisis Massa Jenis	19
3.5.3 Analisis Viskositas Kinematik.....	20
3.5.4 Analisis Kinetika.....	20
3.5.5 Analisis data.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Karakteristik minyak jelantah.....	23
4.2 Rendemen (%).....	24
4.3 Massa Jenis (g/ml).....	26
4.4 Viskosita.....	27
4.5 Kinetika reaksi transesterifikasi.....	29
4.4.5 Penentuan nilai energi aktivasi	31
V.KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	38
Lampiran 1. Perhitungan Berat Molekul Minyak Jelantah.....	39
Lampiran 2. Perhitungan Massa Jenis Biodiesel.....	40
Lampiran 3. Perhitungan Rendemen Biodiesel.....	41
Lampiran 4. Perhitungan Viskositas Biodiesel.....	42
Lampiran 5. Perhitungan analisis kinetika biodiesel.....	43
Lampiran 6. Gambar Proses Penelitian.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Biodiesel Majid dkk. (2012).....	6
2. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel.....	7
3. Kandungan kimia dari minyak jelantah.....	8
4. Perbandingan emisi biodiesel minyak jelantah dengan solar.....	8
5. Perlakuan.....	14
6. Karakteristik minyak jelantah pada pembuatan biodiesel.....	23
7. Rendemen biodiesel pada berbagai suhu dan lama reaksi.....	24
8. Data massa jenis biodiesel.....	26
9. Data viskositas biodiesel.....	28
10. Data $-\ln [NAEt][NAEO]$ pada berbagai suhu dan lama reaksi.....	30
11. Nilai k dan $\ln k$ pada berbagai suhu reaksi.....	32
12. Energi aktivasi reaksi pembuatan biodiesel.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi Transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester.....	10
2. Reaksi Total Tranesterifikasi.....	11
3. Rangkaian alat pembuatan biodiesel.....	14
4. Diagram alir pembuatan biodiesel.....	18
5. Hubungan antara $\ln[NAEt]/[NAE_0]$ dan waktu reaksi (t) untuk menentukan konstanta laju reaksi (k).....	21
6. Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ untuk menentukan energi aktivasi (E_a)	22
7. Hubungan antara lama reaksi dan suhu reaksi terhadap rendemen.....	25
8. Hubungan antara lama reaksi dan suhu reaksi terhadap massa jenis biodiesel.....	27
9. Hubungan antara lama reaksi dan suhu reaksi terhadap viskositas biodiesel.....	28
10. Hubungan $-\ln [NAE_t]/[NAE_0]$ dengan lama waktu reaksi pada berbagai suhu.....	30
11. Grafik hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$	32

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak bumi diperkirakan akan habis jika dieksploitasi secara besar-besaran. Ketergantungan terhadap minyak bumi dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar biodiesel, yang peluang pengembangan bahan bakunya masih sangat besar (Darmanto dan Sigit, 2006). Biodiesel adalah bahan bakar dari minyak tumbuh-tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel merupakan nama yang diberikan untuk bahan bakar yang terdiri dari mono-alkyl ester yang berasal dari asam lemak yang sumbernya renewable limit, dikenal sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dan menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional (Haryanto, 2002).

Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak seperti kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, kacang tanah, jarak pagar dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya. Biodiesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional dari minyak bumi. Mengingat hal tersebut maka biodiesel dapat dibuat dari minyak yang tidak harus baru, seperti minyak jelantah (minyak bekas penggorengan). Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak bekas (jelantah) mengandung senyawa-senyawa

yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Senyawa-senyawa itu sangat berbahaya bagi tubuh manusia (Yuniwati dan Karim 2009). Untuk mengatasinya minyak goreng bekas (jelantah) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Adhiatma et al., 2012). Biodiesel pada penelitian ini dibuat melalui reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis NaOH.

Faktor yang mempengaruhi kadar ester reaksi transesterifikasi adalah suhu dan lama reaksi. Sehingga diperlukan kinetika reaksi untuk memprediksi hasil reaksi pada suatu waktu dan kondisi tertentu. Berkaitan dengan hal tersebut penelitian ini akan mempelajari kinetika pembuatan biodiesel pada minyak jelantah.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun kinetika pembuatan biodiesel dari minyak jelantah melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis NaOH.

1.3 Manfaat Penelitian

Untuk menentukan kondisi reaksi suhu dan lama reaksi yang optimal pada biodiesel yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran energi di Indonesia

Sampai saat ini, Indonesia masih menghadapi persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi. Ketergantungan terhadap energi fosil terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih tinggi yaitu sebesar 96% (Minyak bumi 48%, gas 18%, dan batu bara 30%) dari total konsumsi dan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum dapat berjalan sebagaimana yang telah direncanakan. Tingginya konsumsi energi tersebut diakibatkan oleh subsidi sehingga harga energi menjadi murah dan masyarakat cenderung boros dalam menggunakan energi. Di sisi lain, Indonesia menghadapi penurunan cadangan energi fosil yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru. Sedangkan keterbatasan infrastruktur energi yang tersedia juga membatasi akses masyarakat terhadap energi. Kondisi ini menyebabkan Indonesia rentan terhadap gangguan yang terjadi di pasar energi global karena sebagian dari konsumsi tersebut, terutama produk minyak bumi, dipenuhi dari impor .

Perkembangan produksi dan pasokan minyak bumi selama 2003-2013 mengalami kecenderungan menurun, masing-masing sebesar 419,26 juta barel pada tahun 2003 dan menjadi sekitar 300,83 juta barel pada Tahun 2013. Penurunan produksi

tersebut disebabkan oleh sumur-sumur produksi minyak bumi yang umumnya sudah tua sementara produksi sumur baru relatif terbatas. Peningkatan konsumsi BBM didalam negeri dan penurunan produksi minyak bumi telah menyebabkan ekspor minyak bumi menurun, sebaliknya impor minyak bumi dan BBM terus meningkat. Dalam perkembangannya kebutuhan mengalami penurunan yang signifikan pada tahun 2006 dikarenakan kenaikan harga BBM hingga dua kali lipat pada tahun tersebut, sehingga menyebabkan konsumsi BBM dalam negeri turun dan kebutuhan impor minyak bumi dan BBM juga turun.

Kenaikan rasio ketergantungan impor Indonesia perlu menjadi perhatian, dimana selama periode 2003-2013 rasio ketergantungan impor rata-rata 32% pertahun, terus meningkat hingga 37% pada tahun 2013. Hal ini disebabkan kemampuan produksi minyak semakin menurun, sedangkan konsumsi terus meningkat.

(Dewan Energi Nasional, 2014).

Mencermati kondisi tersebut pemerintah Indonesia pada awal tahun 2006 menerbitkan beberapa peraturan yang terkait dengan pengembangan energi alternatif. Kebijakan tersebut tertuang dalam 2 ketentuan, yaitu Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Peraturan Presiden No 1/2006 tentang Bahan Bakar Nabati (BBN). Dengan kebijakan tersebut, pemerintah ingin mendorong peran dunia usaha dalam pengembangan bahan bakar alternatif sebagai substitusi terhadap bahan bakar minyak. Salah satunya adalah pengembangan energi biomas.

Pengembangan energi di Indonesia berpotensi besar karena sumber bahan bakunya melimpah dan lebih ramah lingkungan. Produksi biomas mengalami peningkatan dalam tahun 1990-2008. Selama produksi tersebut produksi biomas

meningkat sebesar 2.15% pertahun dari 193.20 juta SBM menjadi 277.96 Juta SBM. Peningkatan produksi biomas berpeluang untuk dijadikan bahan bakar pengganti minyak, dengan menghasilkan biomas berupa bioetanol sebagai bahan bakar substitusi bensin dan untuk menghasilkan biodiesel. Produksi biomas yang tinggi akan mendukung penyediaan energi nasional, yang diharapkan pada tahun 2025 energi biomas dan energi baru yang terbarukan (EBT) meningkat menjadi 17% di dalam bauran energi nasional (Elinur, dkk. 2010).

2.2 Biodiesel

Biodiesel secara umum adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari bahan terbarukan atau secara khusus merupakan bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (renewable). Biodiesel telah banyak digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Selain itu, penggunaan biodiesel memiliki banyak keunggulan yaitu (Tickell, 1999) :

- 1) Tidak memerlukan modifikasi mesin diesel yang telah ada.
- 2) Ramah lingkungan karena bersifat *bio-degradable* dan tidak beracun.
- 3) Tidak memperparah efek rumah kaca karena siklus karbon yang terlibat pendek.
- 4) Kandungan energi yang hampir sama dengan kandungan energi petroleum diesel (80% dari kandungan petroleum diesel).
- 5) Angka setana lebih tinggi dari pada petroleum diesel (solar)
- 6) Penyimpanan mudah karena titik nyala lebih rendah

Majid dkk. (2012) telah membandingkan massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala, maupun titik tuang dan menyimpulkan bahwa sifat – sifat itu memenuhi syarat mutu diesel Standar Nasional Indonesia (Tabel 1). Oleh karena itu biodiesel dapat biodiesel dipertimbangkan sebagai bahan bakar pengganti atau bahan tambahan untuk solar.

Tabel 1. Sifat Fisik Biodiesel Majid dkk. (2012)

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	SNI
1	Massa jenis 60/60 °C	g/ml	0.8731	ATSM D 1298	0,850 – 0,890
2	Viskositas 40 °C	mm ² /s	4.956	IKU/5.4/TK-02	2,3 – 6,0
3	Titik nyala PM.C.C	°C	152.5	IKU/5.4/TK-03	Min.100
4	Titik tuang	°C	9	IKU/5.4/TK-04	-15-10
5	Kadar air	% vol.	<i>Trace</i>	ATSM D 95	Maks 0,05

Teknologi proses pengolahan biodiesel telah mengalami kemajuan yang pesat hingga beberapa tahun terakhir, antara lain akibat melonjaknya harga minyak bumi yang telah melewati \$100/ Barel. Gejala ini merupakan kesempatan untuk melakukan substitusi bahan bakar fosil oleh bahan bakar nabati dengan mengembangkan bahan baku yang ada.

Bahan baku utama untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak nabati, lemak hewani, lemak bekas/ lemak daur ulang. Semua bahan baku ini mengandung trigliserida, asam lemak bebas (ALB), dan zat pencemar dimana tergantung pada pengolahan pendahuluan dari bahan baku tersebut. Jenis-jenis tanaman sebagai bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel

No	Nama Lokal	Sumber
1	Jarak kaliki	Biji(seed)
2	Jarak pagar	Inti biji(kernel)
3	Kacang suuk	Biji
4	Kapuk/randu	Biji
5	Karet	Biji
6	Kecipir	Biji
7	Kelapa	Daging buah
8	Kelor	Biji
9	Kemiri	Inti biji(kernel)
10	Kusambi	Daging Biji

Sumber: Kunchahyo dkk., 2013

2.3 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, umumnya dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

2.3.1 Kandungan Kimia Minyak Jelantah

Berikut adalah kandungan kimia dari minyak jelantah (Kheang, dkk. 2003) :

Tabel 3. Kandungan kimia dari minyak jelantah

Parameter	Minyak jelantah
Densitas (g cm ⁻³)	0,8989
FFA (%)	9,3
P.V. (Mek kg-1)	4,3
Viskositas (cSt) @ 40 ° C,	46,5
ASTM D445	
Stabilitas oksidatif (hr), DIN EN 14112 B	23,81
Komponen gliserida (%) (MG, DG dan TG)	56,5
Lainnya (%) (Komposisi non-gliserida)	43,5
C 14:0	1,3
C 16:0	38,5
C 18:0	5,6
C 18:1	45,7
C18:2	8,8

biodiesel dari minyak jelantah merupakan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan sebagaimana biodiesel dari minyak nabati lainnya. Hasil uji gas buang menunjukkan keunggulan biodiesel minyak jelantah dibandingkan dengan solar, terutama penurunan partikulat/debu sebanyak 65% (Tabel 4). Biodiesel dari minyak jelantah ini juga memenuhi persyaratan SNI untuk biodiesel.

Tabel 4. Perbandingan emisi biodiesel minyak jelantah dengan solar

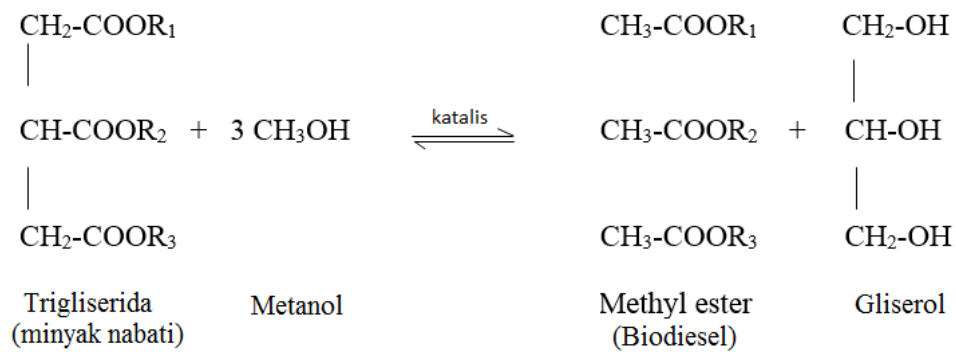
Hal	Minyak jelantah	Solar
Emisi NO (ppm)	1005,8	1070
Emisi CO (ppm)	209	184
Emisi CH (ppm)	13,7	18,4
Emisi partikulat/debu (mg/m ³)	0,5	0,93
Emisi SO ₂ (mg/m ³)	Tidak ada	Ada

Sumber : (Syamsidar, 2013)

Oleh karena itu pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan bakar motor diesel merupakan suatu cara penanggulangan limbah (minyak jelantah) yang menghasilkan nilai ekonomis serta menciptakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar yang bersifat ekonomis, dan sekaligus ekologis (Syamsidar, 2013).

2.4 Transesterifikasi

Transesterifikasi (disebut juga reaksi alkoholisis) adalah reaksi antara lemak atau minyak nabati dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Biasanya dalam reaksi ini digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah *yield* produk. Karena reaksi ini adalah reaksi reversible, maka digunakan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk. Unsur alkohol yang digunakan dalam proses ini adalah metanol. Diantara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol paling umum digunakan karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis) Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah NaOH karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk yaitu:

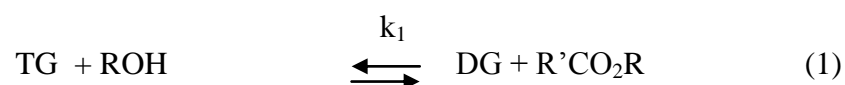
- 1) Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- 2) Memisahkan gliserol

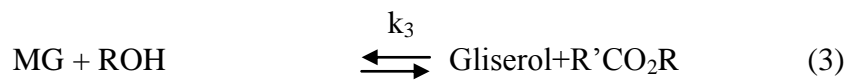
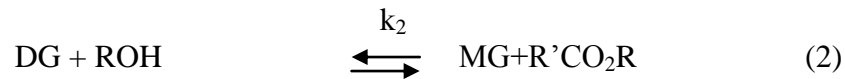
Cara tersebut digunakan agar minyak jelantah dapat terealisasi hingga habis.

Pada dasarnya, proses transesterifikasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan gliserin dalam minyak nabati karena jika dipanaskan, gliserin akan membentuk senyawa akrolein dan terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat dan proses ini bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak nabati.

2.5 Kinetika Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi trigliserida (TG) diyakini dalam tiga tahap dengan produk antara monogliserida dan digliserida (DG). Reaksi total transesterifikasi seperti diberikan dalam Gambar 2 dapat dinyatakan secara parsial sebagai berikut:





Gambar 2. Reaksi Total Tranesterifikasi

Studi mengenai kinetika meliputi penentuan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil reaksi pada sembarang waktu dan kondisi tertentu parameter-parameter itu meliputi konstanta laju reaksi, konstanta keseimbangan dan energi aktivasi. Beberapa penelitian mengenai kinetika transesterifikasi telah dilaporkan (Kusdiana dan Saka, 2001).

Model kinetika dapat didasarkan pada reaksi transesterifikasi menyeluruh seperti disajikan Persamaan 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:

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

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

yang dapat ditulis ulang menjadi :

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

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

$$-\int_{NAE_0}^{NAEt} \frac{d[NAE]}{NAE} = k \int_0^t dt \quad (4)$$

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

Ploting Persamaan (5) dengan t sebagai absis dan nilai negatif logaritma alam dari $[NAEt]/[NAE_0]$ 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 transesterifikasi dengan memanfaatkan persamaan Arrhenius:

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

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

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei – Juni 2016 bertempat di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kondensor, hotplate dan stirrer, termokopel, pipet tetes, aluminium foil, labu erlenmeyer, gelas ukur, piknometer, mixer kecil, timbangan analitik, heater, spatula, corong, statif dan klem, stopwatch, sarung tangan, masker, dan falling balls viscometers Gilmot Instrument GV 2100. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah, metanol, NaOH, dan aquadest.

Minyak jelantah diperoleh dari pedagang kaki lima di sekitar Unila. Minyak dianalisis di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian. Analisis dilakukan untuk mengetahui karakteristik minyak jelantah yaitu bilangan asam, kandungan FFA (asam lemak bebas) dan komposisi asam lemak. Selain itu juga dilakukan pengukuran massa jenis dan viskositas.

3.3 Parameter Perlakuan

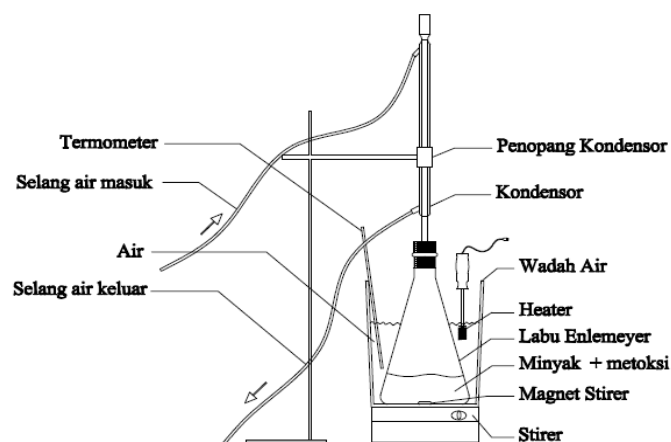
Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu reaksi (T) yaitu (T_1) 30 °C, (T_2) 40 °C, (T_3) 50 °C, (T_4) 60 °C dan lama reaksi (t) yaitu 10 menit (t_1), 20 menit (t_2), 30 menit (t_3), 40 menit (t_4), 50 menit (t_5), 60 menit (t_6).

Tabel 5. Perlakuan

Suhu (T)	Lama Reaksi (t)					
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	60 Menit
30 °C	T_1t_1	T_1t_2	T_1t_3	T_1t_4	T_1t_5	T_1t_6
40 °C	T_2t_1	T_2t_2	T_2t_3	T_2t_4	T_2t_5	T_2t_6
50 °C	T_3t_1	T_3t_2	T_3t_3	T_3t_4	T_3t_5	T_3t_6
60 °C	T_4t_1	T_4t_2	T_4t_3	T_4t_4	T_4t_5	T_4t_6

3.4 Prosedur Penelitian

Proses produksi biodiesel ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu proses pembuatan larutan metoksi untuk reaksi transesterifikasi, pembuatan biodiesel, dan pencucian biodiesel. (Gambar 3) menunjukkan rangkaian alat pembuatan biodiesel.



Gambar 3. Rangkaian alat pembuatan biodiesel

3.4.1 Pembuatan larutan metoksi untuk proses transesterifikasi

Proses Transesterifikasi pada pembuatan biodiesel ini menggunakan perbandingan molar antara minyak jelantah terhadap metanol 1:4

Proses pembuatannya adalah:

- 1) 18 ml metanol (4 mol) dan 0,5 gram NaOH dilarutkan kedalam botol berukuran 130 ml lalu dikocok hingga katalis (NaOH) larut oleh metanol selama kurang lebih 5 menit.
- 2) Larutan metoksi yang telah dikocok, kemudian ditutup rapat agar metanol tidak menguap.

3.4.2 Proses produksi biodiesel

Tahapan produksi biodiesel, yang dilakukan untuk suhu 30 °C dan Suhu 40 °C sebagai berikut:

1. Pembuatan biodiesel dimulai dengan pembuatan larutan metoksida dengan cara melarutkan 0,5 gram NaOH ke dalam 18 ml metanol dan diaduk hingga semua NaOH larut.
2. Untuk mempertahankan suhu, botol yang telah terisi 100 ml (1mol) minyak jelantah diletakkan dalam heater berisi air yang akan dipanaskan mencapai suhu yang telah ditentukan.
3. Setelah suhu dicapai, dituangkan larutan metoksi yang telah dibuat, kedalam botol minyak jelantah, lalu diaduk minyak jelantah dan larutan metoksi menggunakan mixer kecil sesuai dengan lama waktu pengadukan yang telah ditentukan.

4. Apabila suhu air turun maka, dihidupkan kembali heater sampai dengan suhu yang telah dicapai. Ketika sudah tercapai dimatikan kembali heater begitu seterusnya.

Tahapan produksi biodiesel, yang dilakukan untuk suhu 50 °C dan Suhu 60 °C sebagai berikut:

1. Pembuatan biodiesel dimulai dengan pembuatan larutan metoksida dengan cara melarutkan 0,5 gram NaOH ke dalam 18 ml metanol dan diaduk hingga semua NaOH larut.
2. Larutan metoksi dituang ke dalam labu Erlenmeyer 500-ml yang sudah berisi 100 ml minyak jelantah dan sudah dipanaskan hingga suhu tertentu. Reaksi dilakukan selama waktu yang ditentukan.
3. Untuk mempertahankan suhu, gelas Erlenmeyer ditaruh dalam wadah (baskom) berisi air hangat yang telah dipanaskan mencapai suhu yang ditentukan.
4. Selama reaksi, larutan juga diaduk menggunakan stirrer magnet. Setelah selesai, larutan didiamkan selama kurang lebih 24 jam untuk mengendapkan gliserol.

3.4.3 Proses pencucian biodiesel

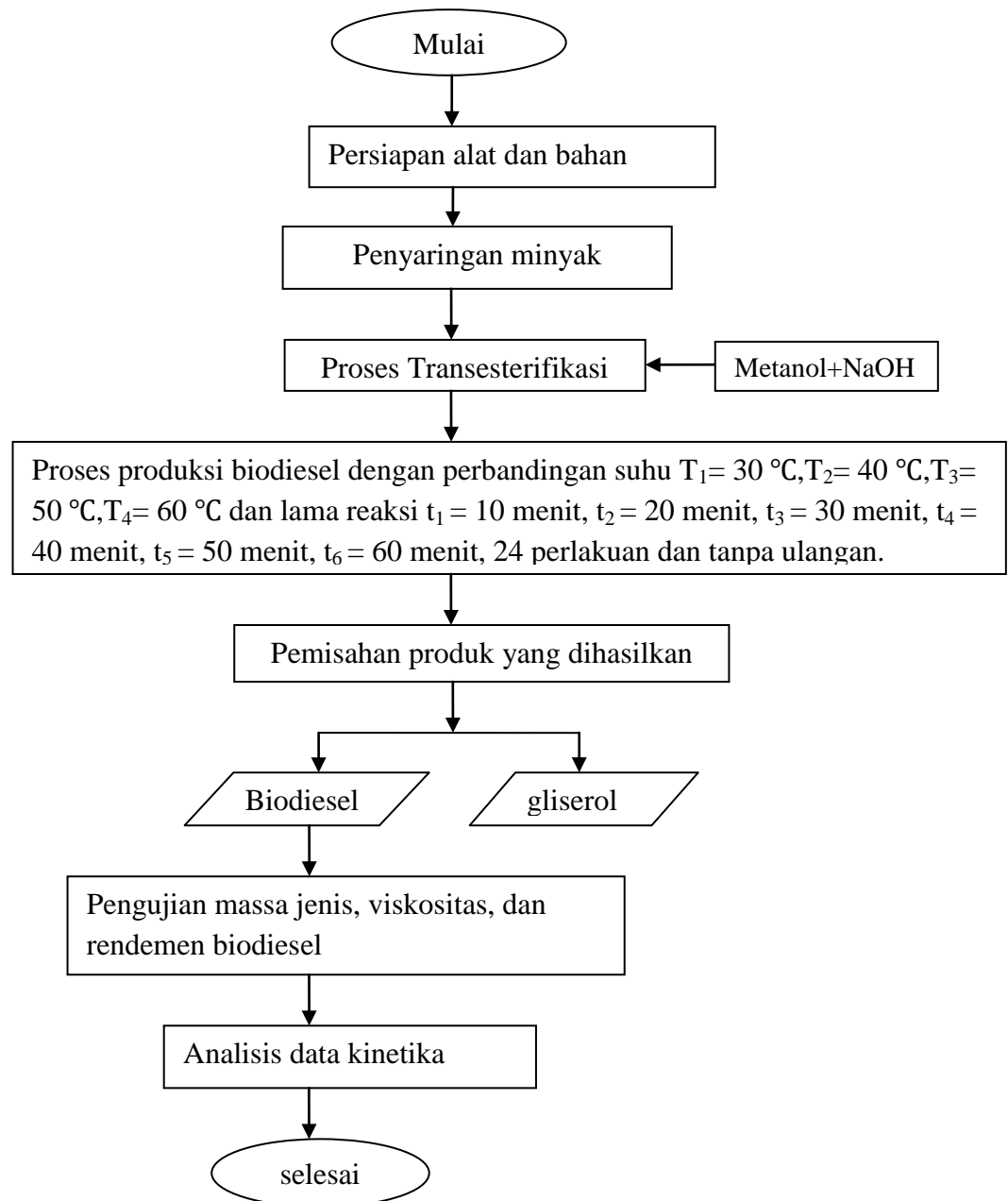
- 1) Gliserol dan biodiesel dipisahkan dengan menggunakan pipet tetes
- 2) Biodiesel yang dihasilkan dicuci dengan menggunakan aquadest yang telah dipanaskan dan diaduk hingga rata (pencucian bertujuan untuk membuang sisa-sisa katalis yang masih terdapat pada biodiesel)

- 3) Kemudian larutan didiamkan selama 10 menit. Pencucian diulangi lagi sampai air cucian berwarna bening.
- 4) Biodiesel dipisahkan dari air dengan menggunakan pipet tetes
- 5) Biodiesel yang telah dicuci diukur massa jenis , rendemen dan viskositas
- 6) Percobaan dilakukan dengan suhu dan lama yang *bervariasi* ($T_{1t1}, T_{1t2}, T_{1t3}, T_{1t4}, T_{1t5}, T_{1t6}, T_{2t1}, T_{2t2}, T_{2t3}, T_{2t4}, T_{2t5}, T_{2t6}, T_{3t1}, T_{3t2}, T_{3t3}, T_{3t4}, T_{3t5}, T_{3t6}, T_{4t1}, T_{4t2}, T_{4t3}, T_{4t4}, T_{4t5}, T_{4t6}$) tanpa ulangan.

Hasil biodiesel yang diperoleh dibandingkan dengan hasil biodiesel dari seluruh perlakuan.

3.4.4 Diagram alir

Tahapan-tahapan pembuatan biodiesel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Diagram alir pembuatan biodiesel

3.5 Pengujian Biodiesel

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis rendemen biodiesel, analisis massa jenis, dan analisis viskositas, dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

3.5.1 Analisis rendemen biodiesel

Analisis rendemen dilakukan dengan cara biodiesel dipisahkan dari gliserol yang tersisa dalam labu pemisah selama 12 jam kemudian dicuci. Pencucian biodiesel kotor dilakukan dengan menggunakan air hangat. Air yang masih tersisa dalam biodiesel kemudian dipisahkan dengan menggunakan corong pemisah. Kualitas biodiesel yang diperoleh kemudian dianalisa. Penghitungan rendemen biodiesel dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak jelantah (g)}} \times 100\% \quad (4)$$

3.5.2 Analisis Massa Jenis

Analisis massa jenis dilakukan dengan pengukuran piknometer. Massa jenis biodiesel dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho \text{ biodiesel} = \frac{m}{v} \quad (5)$$

dimana: ρ biodiesel = massa jenis biodiesel (g/ml)

m = massa sampel biodiesel (g)

v = volume sampel biodiesel (ml)

3.5.3 Analisis Viskositas Kinematik

Alat falling ball viscometer dibersihkan dibiarkan hingga mengering. Sampel biodiesel dimasukkan ke dalam alat tersebut secara hati-hati hingga melebihi batas titik awal ± 1 cm. Kemudian dimasukkan bola besi dengan cara memiringkan alat tersebut dan ditutup dengan rapat hingga tidak ada larutan yang menetes keluar. Lalu alat diputar 180 °C dan stopwatch dijalankan tepat saat bola bergerak dari titik awal. Waktu yang dibutuhkan oleh bola tersebut untuk bergerak hingga garis batas akhir ukur (t_0). Viskositas biodiesel dapat dihitung dengan rumus:

$$\nu = k (\rho \text{ bola} - \rho \text{ biodiesel}) t_0 \quad (6)$$

dimana: ν = viskositas (cSt)

ρ bola = massa jenis bola (8,02 g/ml)

ρ biodiesel = massa jenis biodiesel (g/ml)

k = koefisien bola (0,02122)

t_0 = waktu aliran larutan (s)

3.5.4 Analisis Kinetika

Menyusun kinetika dibutuhkan data suhu dan waktu. Kinetika reaksi dapat dilihat dengan cara berikut:

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

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

yang dapat ditulis ulang menjadi :

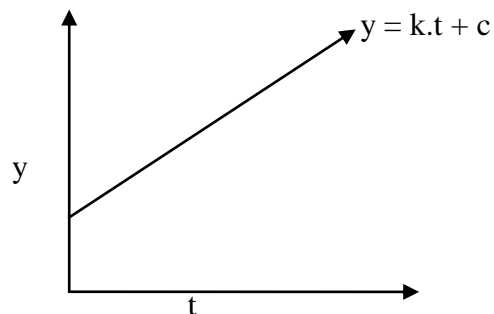
$$- \frac{d [NAE]}{NAE} = k dt \quad (3)$$

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

$$-\int_{NAE_0}^{NAE_t} \frac{d[NAE]}{NAE} = k \int_0^t dt \quad (4)$$

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

Dari persamaan tersebut maka dapat dicari nilai k yaitu konstanta laju reaksi pada berbagai suhu, sehingga diasumsikan $\ln \frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ menjadi y dan $y = k.t$ sehingga didapatkan nilai regresi pada Gambar 5, dimana t adalah waktu yang digunakan pada pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini, hanya difokuskan mencari nilai konstanta laju reaksi (k) pada berbagai suhu sehingga garis laju reaksi tidak melewati titik $(0,0)$ dikarenakan nilai c pada penelitian ini diasumsikan tidak ada.



Gambar 5. Hubungan antara $\ln \frac{[NAE_t]}{[NAE_0]}$ dan waktu reaksi (t) untuk menentukan konstanta laju reaksi (k)

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:

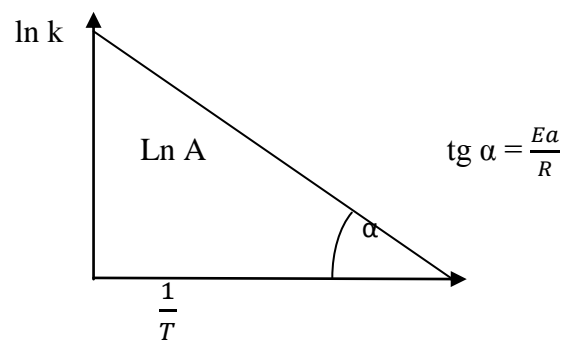
$$k = A \exp (-E_a/RT)$$

dapat dirangkai kembali menjadi:

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A$$

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

Dari persamaan ini kita dapat mencari nilai dari E_a yang dapat diasumsikan dengan kurva dan mendapatkan nilai regresinya Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ untuk menentukan energi aktivasi (E_a) dan konstanta frekuensi tumbukan (A).

3.5.5 Analisis data

Data analisis penelitian akan disusun ke dalam bentuk kurva dan tabel dengan menggunakan analisis perhitungan kinetika. Pengujian yang dilakukan pada biodiesel yang dihasilkan adalah analisis rendemen biodiesel, analisis massa jenis, dan analisis viskositas.

V.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Nilai konstanta laju reaksi tranesterifikasi minyak jelantah $k = 0,003/\text{menit}$ pada suhu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $k = 0,008/\text{menit}$ pada suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ $k = 0,008/\text{menit}$ pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $k = 0,010/\text{menit}$ pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Energi aktivasi pada reaksi tranesterifikasi minyak jelantah diperoleh sebesar $30,69\text{ kJ/mol}$ dan nilai A konstanta frekuensi tumbukan sebesar $737,30$ per menit.
3. Massa jenis yang dihasilkan berkisar antara $0,86\text{-}0,87$ memenuhi standar SNI berkisar $0,85\text{-}0,9\text{ g/mL}$.
4. Viskositas yang dihasilkan berkisar antara $2,66\text{ - }2,99$ memenuhi standar SNI berkisar $2,3\text{- }6\text{ cSt}$.

5.2 Saran

perbandingan molar yang berbeda diperlukan pada penelitian selanjutnya sehingga hasil kinetika biodiesel dapat dibandingkan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Darmanto, S., dan I. Sigit. 2006. Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel. *Traksi*. Vol. 4 (2) : 64 – 71.
- Desiyana, V., A. Haryanto, dan S. Hidayati. 2014. Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Mutu Biodiesel Melalui Reaksi Transterifikasi Dengan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 3 (1) : 49-58.
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, 2014. *Outlook Energi Indonesia*. Jakarta : 1-186
- Elinur, D.S., Priyarsono, M. Tambunan, dan M. Firdaus. 2010. Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia. *Indonesian Journal Of Agricultural Economics*. Vol. 2 (1) : 97 – 119.
- Haryanto, B. 2002. *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara. 1 – 13 hlm.
<https://www.library.usu.ac.id/download/ft/kimia-bode.pdf>. (diakses pada tanggal 6 Agustus 2016).
- Haryanto, A., U. Silviana, S. Triyono, dan S. Prabawa. 2015. Produksi Biodiesel Dari Transterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Agritech*. Vol. 35 (2) : 234 – 240.
- Kartika, D., dan S. Widyaningsih. 2012. Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi menggunakan Katalis Zeoli Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 14 (3) : 219-226.
- Kristianingrum, S. 2003. *Kinetika Kimia*. Workshop Guru Bidang Studi Kimia. Sidoarjo. 1 – 10 hlm.

- Kuncahyo, P., A. Zuhdi, M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel Di Indonesia. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2 (1) : 62 – 66.
- Kusdiana, D. dan S. Saka. 2001. Kinetics of Transesterification in Rapeseed Oil to Biodiesel Fuel as Treated Insupercritical Methanol. *Fuel*. Vol. 80: 693 – 698.
- Majid, A.A., D. Prasetyo, dan Y.C Danarto. 2012. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS* : K 15 - K 51.
- Masduki, Sutijan, dan A. Budiman. 2013. Kinetika Reaksi Esterifikasi *Palm Fatty Acid Distilate* (PFAD) menjadi Biodiesel dengan Katalis Zeolit-Zirkonia Tersulfatasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 7 (2) : 59 – 64.
- Parhusip, R., Iswahyudi, dan S. Miskah. 2012 Pengaruh Waktu Reaksi Dan Penambahan Katalis Pada Pembuatan Gliserol Monooleat Dari Gliserol Dan Asam Oleat. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 18 (1) : 54 – 59.
- Penggabean, S. 2011. Analisis Kinetika Reaksi Tranesterifikasi pada Produksi Biodiesel Secara Katalitik dengan *Static Mixing Reactor*.(Tesis) Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor. 96
- Said, M., W. Septiarty, dan T. Tutiwi. 2010. Studi Kinetika Reaksi pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 17 (1) : 15-22.
- Salamah, S. 2014. Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Jelantah Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodisel. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 1 (1) : 11 - 18.
- Sinaga, S.V., A. Haryanto, dan S. Triyono. 2013. Pengaruh Suhu dan Waktu Konversi Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 3 (1) : 27 – 34.
- Syamsidar. 2013. Pembuatan Dan Uji Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknosains*. Vol. 7 (2) : 209 - 218.
- Widyawati, Y., A. Suryani, M. Romli, dan Sukardi. 2015. Tranesterifikasi Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) dengan Katalis Kalsium Oksida : Model Optimasi dan Kinetika. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. Vol. 25(3):239-247.
- Tickell, J. 1999. *From the Fryer to the Fuel Tank*. 3rd ed. Tickell Energy Consulting. USA. 1-172 hlm.
- Yuniwati, M., dan A.A. Karim. 2009. Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel Dari

Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Dan Metanol Dengan Katalisator KOH.
Jurnal Teknologi. Vol. 2 (2) : 130 - 136.