

**PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI
TERHADAP RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
(*Coconut Oil*)**

(Skripsi)

Oleh
RISA INGGIT PRAMITHA



**FAKULTAS PETANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

MOLAR COMPARATIVE EFFECT AND DURATION OF REACTION TO BIODIESEL RENDEMEN COCONUT OIL (*Coconut Oil*)

By

Risa Inggit Pramitha

Indonesia as a developing country in the world is constantly increasing population. Economic growth and consumption patterns will also increase, especially fossil fuels. One of the alternative energy is to make biodiesel. Biodiesel can be produced with raw materials of animal oil and vegetable oil through a process of esterification and transesterification. One of the biodiesel used vegetable oil is coconut oil. This study aims to determine the effect of the amount of methanol and the duration of the reaction in the process of making biodiesel from coconut oil.

Coconut oil is obtained from coconut oil that is sold in stores. Characterization of coconut oil is done in Laboratory of Analysis of Agriculture, University of Lampung to determine the FFA (free fatty acid), acid number, and fatty acids. Manufacture of biodiesel through transesterification reaction at 60 ° C with NaOH

catalyst and the molar ratio of oil to methanol (1: 3, 1: 4, 1: 5 and 1: 6) that the combination of the three levels of the duration of the reaction (15, 30, and 60 minutes) with each treatment was performed three repetitions. Parameters measured were yield biodiesel, biodiesel density and viscosity biodiesel.

Data were analyzed using analysis of variance on the level of $\alpha = 5\%$. The results showed that the treatment duration factors significantly influence yield and viscosity of biodiesel produced, while the factors significantly influence the molar ratio of the density and viscosity of biodiesel produced. The yield of biodiesel produced at the highest duration of 60 minutes is 75.57% and the lowest yield on the 15-minute duration of 60.28%. The density of biodiesel produced in research ranging from 0.86 gr / ml - 0.87 gr / ml (In accordance with SNI is 0.85 gr / ml - 0.89 g / ml), and the resulting viscosity is 3.40 cSt - 4.55 cSt (SNI biodiesel 2,3 cSt - 6 cSt).

Keywords: Biodiesel, Coconut Oil, Yield, transesterification

ABSTRAK

PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI TERHADAP RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA (*Coconut Oil*)

Oleh

Risa Inggit Pramitha

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang didunia terus mengalami peningkatan jumlah penduduk. Pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi akan ikut meningkat, terutama bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yaitu dengan membuat biodiesel. Biodiesel dapat diproduksi dengan bahan baku minyak hewani dan minyak nabati melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Salah satu minyak nabati yang dijadikan biodiesel adalah minyak kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh banyaknya metanol dan durasi reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa.

Minyak kelapa diperoleh dari minyak kelapa yang dijual ditoko. Karakterisasi minyak kelapa dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Universitas Lampung untuk mengetahui FFA (asam lemak bebas), bilangan asam, dan asam lemak. Pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi pada suhu 60°C dengan katalis NaOH dan perbandingan molar minyak terhadap metanol (1:3, 1:4,

1:5, dan 1:6) yang kombinasi dengan tiga level durasi reaksi (15, 30, dan 60 menit) dengan masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Parameter yang diamati adalah rendemen biodiesel, massa jenis biodiesel, dan viskositas biodiesel.

Data penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam pada taraf $\alpha = 5\%$. Hasil penelitian diperoleh bahwa faktor durasi perlakuan berpengaruh signifikan terhadap rendemen dan viskositas biodiesel yang dihasilkan, sedangkan faktor rasio molar berpengaruh signifikan terhadap massa jenis dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Rendemen biodiesel paling tinggi dihasilkan pada durasi 60 menit yaitu 75,57% dan rendemen terendah pada durasi 15 menit 60,28%. Massa jenis biodiesel yang dihasilkan pada penelitian berkisar 0,86 gram/ml – 0,87 gram/ml (Sesuai dengan SNI yaitu 0,85 gram/ml – 0,89 gram/ml), dan viskositas yang dihasilkan yaitu 3,40 cSt – 4,55 cSt (sesuai SNI biodiesel 2,3 cSt – 6 cSt).

Kata kunci : Biodiesel, Minyak Kelapa, Rendemen, Transesterifikasi

PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI
TERHADAP RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
(*Coconut Oil*)

Oleh

RISA INGGIT PRAMITHA

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

: **PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR
DAN DURASI REAKSI TERHADAP
RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK
KELAPA (*Coconut Oil*)**

Nama Mahasiswa

: *Risa Inggit Pramitha*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1214071065

Jurusan

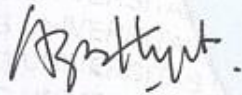
: Teknik Pertanian

Fakultas

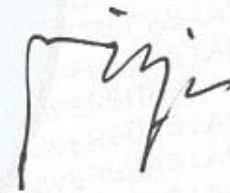
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

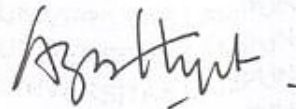


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002



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

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian



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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Agus Haryanto
.....

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

Sugeng Triyono
.....

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Tamrin, M.S.**

Tamrin
.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 September 2016

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Risa Inggit Pramitha** NPM **1214071065**. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr.Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan 2) **Dr. Ir. Sugeng Triyono.M.Sc** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 12 Oktober 2016

Yang membuat pernyataan



(Risa Inggit Pramitha)

NPM. 1214071065

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Kalipapan, kecamatan Negeri Agung, kabupaten Way Kanan pada tanggal 18 Februari 1994, anak ke-1 dari 2 bersaudara keluarga dari Bapak Edi Subadri dan Ibu Watina. Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK IKI Kalipapan diselesaikan pada tahun 2001. Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Kalipapan Kecamatan Negeri Agung diselesaikan pada tahun 2006, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SMP Negeri 6 Kotabumi diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA YP UNILA diselesaikan pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Pertanian di Universitas Lampung melalui jalur UM. Selama menjadi Mahasiswa, Penulis Pernah aktif menjadi anggota Bidang Dana dan Usaha (DANUS) di Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada tahun 2013 – 2014. Pada bulan Juli – Agustus 2015 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PTPN VIII KEBUN GEDEH CIANJUR, JAWA BARAT dengan judul **“Proses Pengolahan Teh Hitam di PTPN VIII (PERSERO) KEBUN GEDEH CIANJUR JAWA BARAT”**. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik pada bulan

Januari – Maret 2016 di Desa Bangun Rejo, kecamatan Meraksa Aji, kabupaten Tulang Bawang. Penulis berhasil mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.TP.) S1 Teknik Pertanian pada tahun 2016 dengan menghasilkan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perbandingan Molar Dan Durasi Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel Dari Minyak Kelapa (*Coconut Oil*)”**.



*Segala Puji bagi Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
Segala puji bagi Allah atas nilai-Nya yang tidak dapat diuraikan,
nikmat dan anugrah-Nya yang tidak dapat terhitung serta ilmunya-
Nya yang tidak dapat dibatasi oleh apapun.*

Kupersembahkan karya kecil ini untuk:

Kedua orang tuaku tercinta

Edi Subadri (Abad) dan Watina (Tina)

*Adek aviv Tedja Prahmana, mamak Pon, dan seluruh keluarga yang
telah memberikan dukungan, dan doa.*

Sahabat-sabat terbaikku.

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

Teknik Pertanian

TEKTAN 2012

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan skripsi ini. Sholawat teriring salam semoga selalu tercurah kepada syuri tauladan Nabi Muhammad SAW dan keluarga serta para sahabatnya. Aamiin.

Skripsi yang berjudul “**Pengaruh Perbandingan Molar Dan Durasi Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel Dari Minyak Kelapa (*Coconut Oil*)**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.TP) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dalam penyusunan skripsi ini begitu banyak cobaan, suka dan duka yang dihadapi, namun berkat ketulusan doa, semangat, bimbingan, motivasi, dan dukungan orang tua serta berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama, sekaligus pembimbing akademik dan ketua jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan bimbingan, saran dan membantu dalam administrasi penyelesaian skripsi sehingga terselesaikan.

2. Dr. Ir. Sugeng Triyono. M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan berbagai masukan dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Ir. Tamrin. M.S., selaku pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penyusunan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.S., selaku dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi ini.
5. Ayahanda (Edi Subadri), Ibunda (Watina), dan adikku (Aviv Tedja Pramana) tercinta yang telah memberikan kasih sayang, dukungan moral, material dan doa.
6. Teman-teman seperjuangan TEKTAN 12 yang telah memberikan semangat.
7. Sahabat-sahabat terbaiku dan Nasirin Sukron yang telah membantu selama penelitian.

Bandar Lampung, 12 Oktober 2016

Penulis

Risa Inggit Pramitha

UCAPAN TERIMAKASIH

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 ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Potret Energi dan Upaya Penanggulangan.....	5
2.2 Biodiesel	6
2.3 Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel.....	7
2.4 Bahan Baku Biodiesel.....	8
2.5 Proses Pembuatan Biodiesel	10
2.5.1 Transesterifikasi	11
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Pembuatan Biodiesel	12
III. METODOLOGI	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Parameter Perlakuan	14
3.4 Prosedur Penelitian	16
3.4.1 Pembuatan Larutan Metoksi Untuk Proses Transesterifikasi	16

3.4.2 Pembuatan Biodiesel.....	17
3.4.3 Diagram Alir	19
3.5 Pengamatan	20
3.5.1 Rendemen Biodiesel	20
3.5.2 Massa Jenis	20
3.5.3 Viskositas	21
3.5.4 Analisis Data.....	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Karakteristik Minyak Kelapa.....	22
4.2 Biodiesel	23
4.3 Rendemen Biodiesel (%)	25
4.4 Massa Jenis (gram/ml)	28
4.5 Viskositas (cSt)	31
4.6 Uji Nyala dan Kapilaritas Biodiesel	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	41
FOTO-FOTO PENELITIAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Proyeksi kebutuhan biodiesel di Indonesia	5
2. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel minyak goreng bekas.	6
3. Karakteristik minyak kelapa	9
4. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel	10
5. Persamaan suhu, durasi reaksi dan molaritas metanol	15
6. Kebutuhan metanol untuk menghasilkan rasio molar yang diperoleh	16
7. Karakteristik minyak kelapa	22
8. Rendemen, massa jenis, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan dari kombinasi faktor rasio molar dan durasi reaksi (rata-rata dari 3 ulangan)	25
9. Hasil sidik ragam pada rendemen biodiesel	26
10. Data rendemen biodiesel (%)	27
11. Perbandingan massa jenis biodiesel dari berbagai jenis bahan baku	28
12. Hasil sidik ragam pada massa jenis biodiesel	29
13. Data rata-rata massa jenis biodiesel (gram/ml)	30
14. Perbandingan viskositas biodiesel dari berbagai jenis bahan baku	32
15. Hasil sidik ragam viskositas biodiesel	32
16. Uji BNT faktor rasio molar terhadap viskositas biodiesel	33
17. Uji BNT faktor durasi terhadap viskositas biodiesel	33

18. Karakteristik minyak kelapa	42
19. Berat minyak dan massa jenis biodiesel.....	43
20. Rendemen biodiesel (%)	44
21. Viskositas biodiesel.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir.	19
2. Biodiesel yang dihasilkan sebelum dicuci	24
3. Gliserol dan biodiesel.....	24
4. Hubungan antara durasi reaksi terhadap rendemen biodiesel	27
5. Hubungan antara rasio molar terhadap massa jenis biodiesel.....	30
6. Nyala api minyak tanah, solar, biodiesel, dan minyak kelapa	35
7. Minyak kelapa.....	46
8. Rangkaian alat dan pembuatan larutan metoksi.....	46
9. Pemanasan minyak kelapa	47
10. Hasil biodiesel sebelum pencucian	47
11. Pencucian 1	48
12. Pencucian 2	48
13. Pencucian 3	48
14. Pengukuran viskositas biodiesel	49
15. Pengukuran daya kapilaritas	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di dunia terus mengalami peningkatan jumlah penduduk. Peningkatan tersebut menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Aspek yang dipengaruhi adanya peningkatan jumlah penduduk adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya. Semakin banyak penduduk yang berada di sebuah negara, semakin banyak pula energi yang dibutuhkan dan digunakan oleh negara tersebut. Konsumsi energi di Indonesia pada periode 2000 – 2012 meningkat rata-rata sebesar 2,9% pertahun. Jenis energi yang paling dominan adalah bahan bakar minyak (BBM) yang meliputi avtur, avgas, bensin, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2014).

Menurut statistik British Petroleum (2015), pada akhir 2014 cadangan minyak bumi Indonesia tinggal 0,5 milyar ton. Pada tingkat produksi 852 ribu barrel per hari, cadangan ini hanya akan bertahan selama 12 tahun. Minyak solar adalah BBM yang paling banyak dikonsumsi, yaitu 169,175 juta barel di tahun 2011. Pemanfaatan BBM sebagai energi di Indonesia sudah melewati batas wajar, tiap

tahun negara ini harus mengimpor BBM karena kebutuhan masyarakatnya yang tinggi sehingga memberi pengaruh yang kurang baik terhadap neraca perdagangan. Pada tahun 2011 neraca perdagangan Indonesia mengalami defisit akibat impor Minyak dan Gas (Migas) yang tidak terkendali sebesar US\$ 0,7 miliar, kemudian semakin parah pada tahun 2012 yaitu sebesar US\$ 5,1 miliar. Bahkan pada Januari – Juli 2013 defisit Migas sudah mencapai US\$ 7,6 miliar. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan pemakaian bahan bakar fosil perlu adanya upaya pengalihan ke bahan bakar yang dapat diperbaharui, salah satunya adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (Manai, 2010). Biodiesel yang telah dihasilkan belum sepenuhnya dapat dipakai 100% sebagai bahan bakar, oleh karena itu dilakukan pencampuran dengan menggunakan solar. Pencampuran solar dengan biodiesel sangat diwajibkan untuk mobil-mobil pemerintah. Salah satu tujuan dari pencampuran biodiesel dengan solar adalah menghemat penggunaan bahan bakar dari minyak bumi yaitu solar. Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak seperti kelapa sawit, kelapa buah, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, minyak jelantah dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya.

Minyak nabati yang dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan yaitu sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, dan konversi minyak nabati menjadi biodiesel sangat tinggi yaitu (95%). Salah satu minyak nabati yang dapat dijadikan biodiesel adalah Kelapa (*Cocos nucifera*). Minyak yang

terkandung dalam buah kelapa cukup banyak yaitu 30 – 35% dari berat buah kelapa basah. Selain itu, penyebaran buah kelapa di Indonesia sangat luas sehingga mudah didapat. Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa memerlukan proses transesterifikasi (Free Fatty Acid < 5%) seperti pembuatan biodiesel pada umumnya. Karakteristik biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu katalis, suhu, waktu, kecepatan pengadukan dan molaritas (Azocar, 2007). Menurut Sinaga dkk (2013), semakin tinggi waktu dan suhu reaksi maka rendemen biodiesel yang diperoleh akan semakin tinggi dan karakteristik biodiesel akan semakin baik. Penelitian ini akan mempelajari pengaruh perbandingan molar metanol dan durasi reaksi untuk mendapatkan rendemen terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Biodiesel dapat dibuat dengan proses esterifikasi dan proses transesterisasi dari minyak nabati yang mengandung asam lemak bebas tinggi. Minyak kelapa merupakan bahan baku alternatif dalam pembuatan biodiesel, karena ketersediaan kelapa yang melimpah, khususnya di Indonesia. Untuk memanfaatkan ketersediaan kelapa maka akan dibuat biodiesel dari minyak kelapa. Pada penelitian ini, biodiesel dibuat dari bahan baku minyak kelapa, melalui proses pencampuran minyak kelapa dengan metanol. Kandungan asam lemak bebas yang tinggi dalam minyak kelapa diubah menjadi metil ester (biodiesel) dengan metanol dan menggunakan katalis Natrium Hidroksida (NaOH) melalui proses transesterifikasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh banyaknya metanol dan durasi reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa.

1.4 Hipotesis

Semakin banyak molaritas metanol yang diberikan pada proses pembuatan biodiesel akan berpengaruh positif terhadap rendemen biodiesel yang akan dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potret Energi dan Upaya Penanggulangan

Indonesia dikenal dunia memiliki Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah, terutama minyak dan gas alamnya. Energi menjadi masalah serius yang sedang dihadapi sekarang karena sumber energi yang ada sudah mulai menipis. Penggunaan energi secara berkelanjutan akan menyebabkan sumber energi semakin menipis sehingga terjadi krisis energi di Indonesia. Krisis bahan bakar berbasis fosil telah berdampak pada melonjaknya harga bahan bakar. Penggunaan BBM yang semakin meningkat, maka sejak Mei 2006 Pertamina sudah mulai mengembangkan biodiesel ini dengan mengeluarkan biosolar. Pembuatan biodiesel ini diharapkan kelak akan menjadi pengganti bahan bakar solar. Konsumsi biodiesel di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proyeksi kebutuhan biodiesel di Indonesia

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

Sumber : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, (2014)

2.2 Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai ester monoalkil dari minyak nabati dan hewani. Minyak yang berasal dari tumbuhan dan lemak hewan serta turunannya dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar salah satunya yaitu diesel (Srivastava dan Prasad, 2000). Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui (*renewable*). Biodiesel memiliki sifat fisik yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermesin diesel. Bahan baku yang dikembangkan untuk menjadi biodiesel tergantung pada sumber daya alam yang dimiliki oleh suatu negara. Salah satu contoh yaitu minyak sawit di Malaysia dan Indonesia, minyak kelapa di Filipina. Minyak nabati dapat dijadikan bahan bakar, tapi viskositas yang ada pada minyak nabati terlalu tinggi sehingga belum memenuhi syarat untuk dijadikan bahan bakar mesin diesel. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dari minyak goreng bekas dapat lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel minyak goreng bekas.

Sifat fisik/kimia	Biodiesel	SNI Biodiesel
Densitas (40 °C), kg/L	850	850 – 890
Viskositas kinematik (40 °C), cSt	3,2	2,3 – 6
Bilangan asam, mg KOH/g	0,5	Max. 0,8
Kadar air, % vol	0,02	Max. 0,05
Titik nyala, °C	176	Min. 100
Titik tuang, °C	9	
Titik kabut, °C	14,6	Max.18
Indeks Cetana	51	Min 81

Sumber : (Aziz,dkk 2011)

2.3 Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel

Biodiesel mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan bahan bakar jenis lain. Biodiesel tidak beracun dan tidak menyebabkan efek rumah kaca.

Biodiesel dapat terurai (*bio degradable*) dan dapat diperbarui (*renewable*).

Biodiesel juga dapat memperpanjang umur mesin kendaraan, jika dibandingkan tingkat emisi CO₂ antara biodiesel dan diesel standar, biodiesel lebih baik dengan menghasilkan sampai 75% lebih sedikit emisi CO₂ dibandingkan dengan diesel standar. Artinya dengan menggunakan lebih banyak biodiesel dari pada diesel standar, kita dapat mengurangi dampak perubahan iklim. Menggunakan biodiesel sebagai pengganti diesel standar tidak hanya akan membantu lingkungan, tetapi juga akan membantu meningkatkan kemandirian energi dan keamanan energi negara.

Menurut Fidaus (2010) biodiesel menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil dibanding solar yaitu sekitar 30%, emisi CO juga lebih rendah sekitar 18%, emisi *particulate molecul* lebih rendah 17%, sedangkan untuk emisi Nox lebih tinggi sekitar 10%, dapat disimpulkan bahwa tingkat emisi biodiesel lebih rendah dibanding dengan solar, sehingga lebih ramah lingkungan. Kelemahan dari penggunaan biodiesel yaitu biodiesel sebagian besar masih diproduksi dari tanaman pangan yang dalam skenario terburuk menyebabkan peningkatan harga pangan dan bahkan meningkatkan kelaparan di dunia. Inilah alasan utama mengapa para ilmuwan melihat berbagai bahan baku biodiesel potensial lainnya.

2.4 Bahan Baku Biodiesel

Pada dasarnya biodiesel merupakan alkil ester asam lemak yang dapat dihasilkan dari rangkaian reaksi esterifikasi dan transesterifikasi asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati maupun minyak hewani. Minyak nabati yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak kelapa. Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan manusia sehari-hari. Airnya untuk minuman segar atau dapat diproses lebih lanjut menjadi nata de coco, atau kecap. Sabut untuk bahan baku tali, anyaman keset, matras, jok kendaraan, dari sabut tersebut akan diperoleh serat matras 18% , serat berbulu 12% dan sekam/dedak atau gabus 70%. Serat matras digunakan untuk bahan pengisi jok, penyaring dan matras. Serat berbulu digunakan untuk sikat pembersih, sapu dan keset sedang sekam/gabus digunakan untuk media tanaman atau pupuk Kalium. Tempurungnya secara tradisional dibuat sebagai gayung air, mangkuk, atau diolah lebih lanjut menjadi bahan baku obat nyamuk bakar, arang, briket arang, dan karbon aktif. Daging buahnya dapat langsung dikonsumsi atau sebagai bahan bumbu berbagai masakan atau diproses menjadi santan kelapa, kelapa parutan kering (desicated coconut) serta minyak goreng.

Jumlah produksi kelapa di Lampung pada tahun 2012 sebesar 113,2 ton, tahun 2013 sebesar 113,52 ton, tahun 2014 sebesar 109,16 ton. Sedangkan produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 2.938,41 ton, tahun 2013 sebesar

3.051,58 ton, dan pada tahun 2014 sebesar 3.031,31 ton (Badan Pusat Statistik, 2015). Minyak kelapa dapat digunakan secara unik untuk ekstraksi asam lemak dan digunakan dalam produksi margarin dan sabun. Namun demikian, pemanfaatan minyak kelapa tercatat kurang di bawah 2 persen dari konsumsi minyak nabati global dan kontribusi ini menurun sebagai akibat dari peningkatan konsumsi minyak nabati lainnya. Adanya peningkatan perhatian yang diberikan untuk menggunakan minyak kelapa sebagai pembangkit energi, baik dicampur dengan solar atau sebagai pengganti solar (biodiesel). Adanya perbedaan harga antara minyak bumi dan minyak nabati umumnya menjadi daya tarik untuk menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif. Minyak kelapa memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik minyak kelapa

No	Karakteristik	Syarat mutu SNI
1	Kadar air (%)	Maks. 0.5
2	Kadar kotoran (%)	Maks. 0.05
3	Bilangan Jod (mg jod)	8 – 10
4	Bilangan peroksida (mg oksigen)	Maks. 5
5	Bilangan penyabunan (mg KOH)	255 – 265
6	Asam lemak bebas	Maks. 5

Upaya untuk meningkatkan produktivitas yang berdampak terhadap peningkatan pendapatan petani kelapa adalah pengembangan biodiesel dari minyak kelapa. Biodiesel dari minyak kelapa disebut dengan cocodiesel. Biodiesel dari minyak kelapa merupakan bahan bakar yang cocok untuk mesin diesel karena memilikirantai hidrokarbon jenuh cukup besar (Padil dkk, 2010). Beberapa tanaman potensial untuk bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel

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

Sumber: Wirawan, (2007)

2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

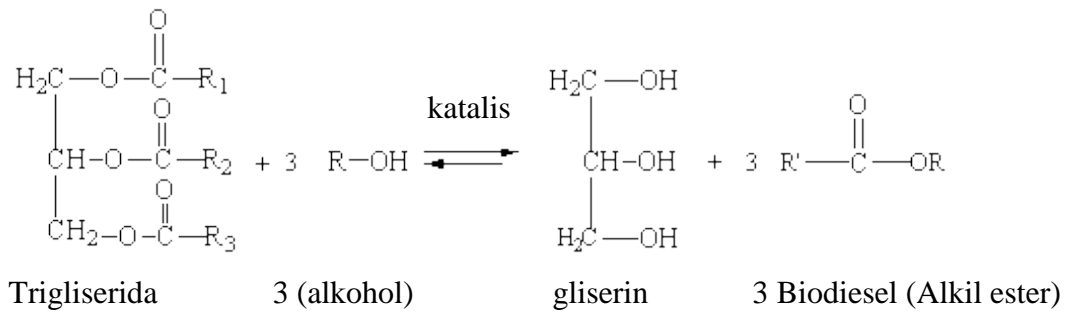
Biodiesel dibuat melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan lebih agar reaksi bergeser ke kanan. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah pengadukan, suhu, katalis, perbandingan pereaksi dan waktu reaksi (Darnoko and Cheryan, 2000).

Reaksi esterifikasi biasanya dilakukan jika minyak yang diumpankan mengandung asam lemak bebas tinggi atau FFA (*Free Fatty Acids*) (>0.5%).

Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Sebelum produk esterifikasi diumpun ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu. Dengan reaksi esterifikasi, kandungan asam lemak bebas dapat dihilangkan dan diperoleh tambahan ester.

2.5.1 Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan alkohol dengan minyak untuk memutuskan tiga rantai gugus ester dari setiap cabang trigliserida dan mengubahnya menjadi 3 molekul metil atau etil ester (biodiesel) dan 1 molekul gliserol. Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi transesterifikasi diantaranya adalah pengaruh air dan asam lemak bebas, perbandingan molar alkohol dan bahan mentah, jenis katalis dan temperatur. Katalis yang digunakan dalam sistem ini adalah katalis basa homogen, yaitu NaOH. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dengan katalis NaOH membutuhkan suhu yang tinggi dalam waktu yang lama. Semakin banyak katalis yang digunakan maka semakin banyak ion metoksida yang terbentuk dan semakin besar konversi minyak kelapa menjadi biodiesel (Putri dkk. 2012). Lama dan tingginya suhu reaksi disebabkan oleh rendahnya tingkat tumbukan antar reaktan. Rendahnya kontak antar reaktan disebabkan oleh rendahnya kelarutan metanol dalam minyak.



Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa, Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Larutan ini digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Pembuatan Biodiesel

Menurut Awaludin dkk. (2009), faktor-faktor yang berpengaruh pada pembuatan biodiesel adalah :

1) Pengaruh pereaksi (jenis alkohol)

Pada rasio 6:1 mol, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol dan butanol.

2) Pengaruh suhu

Semakin tinggi suhu yang dioperasikan maka semakin banyak konversi yang dihasilkan. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 30°C – 65°C karena titik didih metanol sekitar 65°C. Kenaikan suhu akan

menyebabkan gerakan molekul semakin cepat, keadaan ini menyebabkan kecepatan reaksi semakin meningkat sehingga konversinya meningkat juga (Kartika dan Widyaningsih, 2012). Suhu yang rendah dapat menghasilkan konversi yang lebih tinggi namun dengan waktu reaksi yang lebih lama (Destianna, 2007).

3) waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar hingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan menambahkan waktu maka tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

4) Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah.

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol.

5) Pengaruh katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi tenaga aktivitas pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5 – 1,5% dari berat minyak nabati.

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juli 2016.

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hotplate dan stirrer*, pipet tetes, *aluminium foil*, labu Erlenmeyer, gelas ukur, piknometer, timbangan analitik, spatula, *stopwatch*, sarung tangan, masker, dan *falling balls viscometers Gilmont Instruments GV-2100*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah adalah minyak kelapa, metanol, NaOH, dan aquades.

Analisis minyak kelapa dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Universitas Lampung. Analisis ini diperoleh untuk mengetahui bilangan asam, kadar FFA (asam lemak bebas), dan komposisi asam lemak.

3.3 Parameter Perlakuan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 variabel yaitu suhu, durasi raksi dan rasio molar dengan 3 kali ulangan.

a. Suhu

1) 60°C

b. Durasi

1) 15 menit

2) 30 menit

3) 60 menit

c. Perbandingan molar minyak terhadap metanol

1) 1:3

3) 1:5

2) 1:4

4) 1:6

Rancangan percobaan yang dilakukan pada penelitian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Persamaan suhu, durasi reaksi dan molaritas metanol.

Suhu (°C)	Durasi	Perbandingan rasio molar			
		1:3	1:4	1:5	1:6
60 (°C)	15 Menit	Tt ₁ (1)	Tt ₄ (1)	Tt ₇ (1)	Tt ₁₀ (1)
		Tt ₁ (2)	Tt ₄ (2)	Tt ₇ (2)	Tt ₁₀ (2)
		Tt ₁ (3)	Tt ₄ (3)	Tt ₇ (3)	Tt ₁₀ (3)
	30 Menit	Tt ₂ (1)	Tt ₅ (1)	Tt ₈ (1)	Tt ₁₁ (1)
		Tt ₂ (2)	Tt ₅ (2)	Tt ₈ (2)	Tt ₁₁ (2)
		Tt ₂ (3)	Tt ₅ (3)	Tt ₈ (3)	Tt ₁₁ (3)
	60 Menit	Tt ₃ (1)	Tt ₆ (1)	Tt ₉ (1)	Tt ₁₂ (1)
		Tt ₃ (2)	Tt ₆ (2)	Tt ₉ (2)	Tt ₁₂ (2)
		Tt ₃ (3)	Tt ₆ (3)	Tt ₉ (3)	Tt ₁₂ (3)

Tiap satuan eksperimen menggunakan 100 ml minyak kelapa atau 91 gram.

Menurut (Bezard dkk 1971) berdasarkan komposisi asam lemak yang terdapat pada minyak kelapa maka massa molar minyak kelapa adalah 669 gram/mol. Hal ini berarti 100ml minyak kelapa sama dengan 0,13 mol.

3.4 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan biodiesel terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan larutan metoksi untuk proses esterifikasi, pembuatan larutan untuk proses transesterifikasi, dan pembuatan biodiesel.

3.4.1 Pembuatan Larutan Metoksi Untuk Proses Transesterifikasi

Pembuatan larutan metoksi yang akan digunakan dalam proses transesterifikasi pada pembuatan biodiesel ini menggunakan rasio molar 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6. Kebutuhan metanol untuk menghasilkan rasio molar tersebut diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan metanol untuk menghasilkan rasio molar yang diperoleh

Minyak kelapa		Rasio molar				
volume (ml)	massa (gram)	mol		mol	gram	ml
100	91	0,13	1:3	0,39	12,48	15,75
100	91	0,13	1:4	0,52	16,64	21,01
100	91	0,13	1:5	0,65	20,8	26,26
100	91	0,13	1:6	0,78	24,96	31,51

Adapun proses pembuatan larutan metoksi adalah :

- 1) 15 ml metanol (3 mol) dan 0,35 gram NaOH (banyaknya katalis) masukan kedalam labu erlenmeyer yang didalamnya telah terdapat *magnetic stirrer*.
- 2) Larutan diaduk hingga tercampur rata (semua partikel NaOH telah larut) selama kurang lebih 5 menit.

- 3) Larutan yang telah teraduk rata disimpan dalam wadah tertutup agar metanol tidak menguap.

3.4.2 Pembuatan Biodiesel

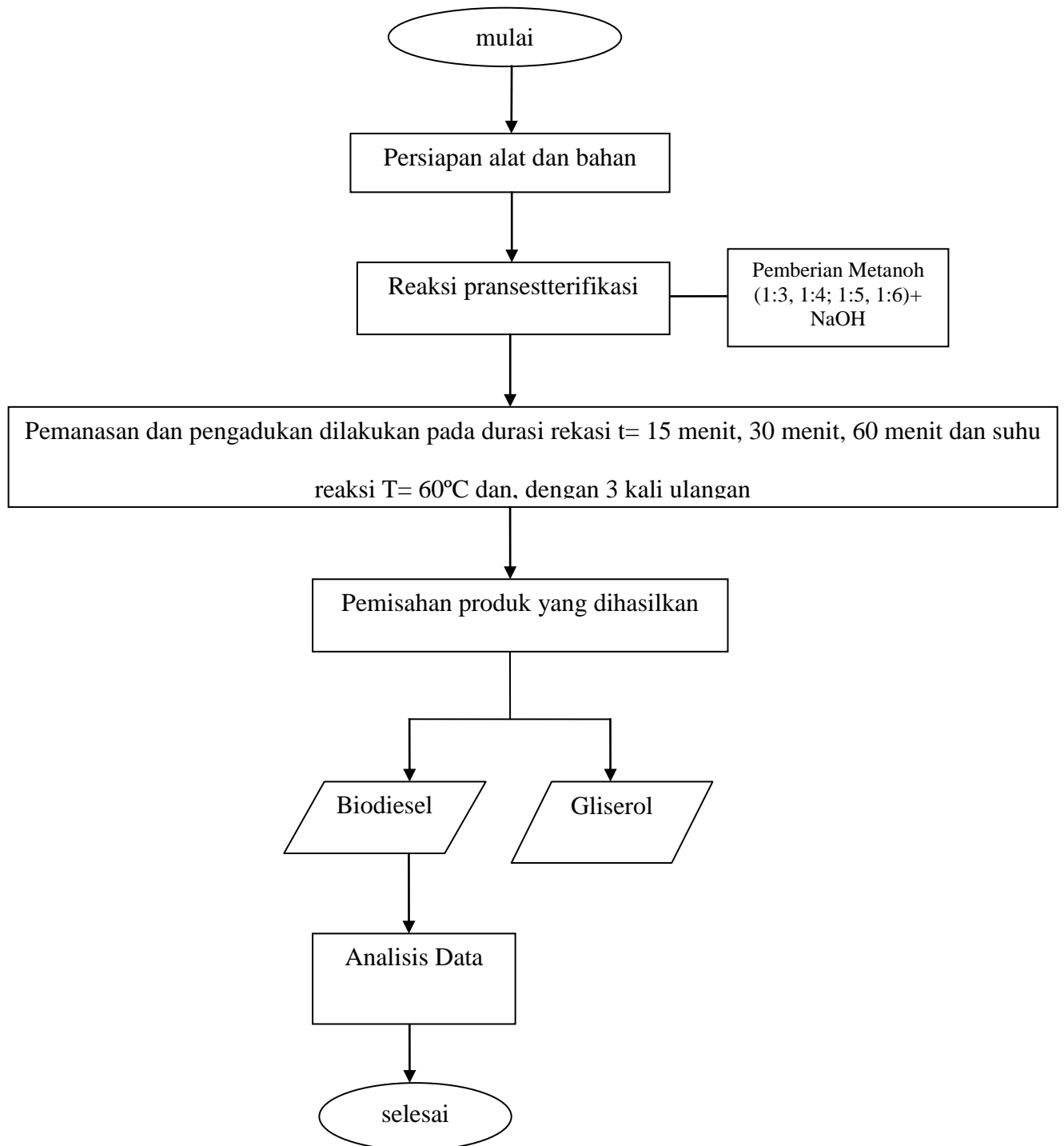
Tahapan pembuatan biodiesel meliputi beberapa proses yaitu:

- 1) 100 ml minyak kelapa dimasukkan kedalam labu Erlenmeyer
- 2) Labu Erlenmeyer diletakkan diatas *hotplate stirrer* dan dipanaskan hingga minyak mencapai suhu yang diinginkan.
- 3) Larutan metoksi dimasukkan kedalam minyak kelapa dan diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama waktu yang telah ditentukan serta kecepatan pengadukan yang tidak terlalu kencang yang dilengkapi dengan kondensor agar metanol tidak menguap.
- 4) Setelah proses pengadukan selesai, larutan didiamkan sampai terjadi pengendapan (pengendapan ditandai dengan dua lapisan berbeda warna dengan lapisan gelap berada dibawah yang disebut gliserol dan lapisan atas berwarna bening disebut dengan biodiesel).
- 5) Biodiesel yang dihasilkan dicuci dengan menggunakan aquadest yang telah dipanaskan dan diaduk rata (pencucian bertujuan untuk membuang sisa-sisa katalis yang masih terdapat pada biodiesel). Kemudian larutan didiamkan selama 10 menit. Pencucian diulang lagi sampai air cucian berwarna bening.
- 6) Biodiesel yang telah dicuci diukur massa jenis (ρ), viskositas (μ), dan di uji nyalanya dengan menggunakan lampu sentir selama 30 menit.

- 7) Percobaan dilakukan dengan menggunakan rasio molar antara minyak dan metanol yang bervariasi (1:3, 1:4, 1:5, 1:6) dan dilakukan masing-masing dengan 3 kali ulangan.
- 8) Hasil biodiesel yang diperoleh dibandingkan dengan hasil biodiesel dari seluruh perlakuan.

3.4.3 Diagram Alir

Tahapan-tahapan pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir.

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah rendemen biodiesel, massa jenis, dan viskositas dengan prosedur pengujian .

3.5.1 Rendemen Biodiesel

Analisis rendemen dilakukan dengan cara biodiesel dipisahkan dari gliserol yang tersisa didalam labu pemisah selama 12 jam kemudian dicuci. Pencucian biodiesel kotor dilakukan dengan menggunakan air hangat. Air yang masih tersisa dalam biodiesel dipisahkan dengan menggunakan pipet tetes. Biodiesel yang diperoleh kemudian dianalisa. Perhitungan rendemen biodiesel dilakukan dengan menggunakan rumus :

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

3.5.2 Massa Jenis

Pengukuran massa jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer. Dengan rumus yang digunakan :

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

- dimana :
- $\rho_{\text{Biodiesel}}$ = massa jenis biodiesel (g/ml)
 - m = massa sampel biodiesel (g)
 - V = volume sampel biodiesel (ml)

3.5.3 Viskositas

Alat *falling ball viscometer* dibersihkan, dibiarkan hingga mengering. Sampel biodiesel dimasukkan kedalam air 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 oleh bola tersebut untuk bergerak hingga garis batas akhir diukur (t_0). Viskositas biodiesel dapat dihitung dengan rumus :

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

- dimana :
- v = viskositas (cSt)
 - ρ bola = massa jenis bola (8,02 gram/ml)
 - ρ biodiesel = massa jenis biodiesel (gram/ml)
 - k = koefisien bola (0,043)
 - t_0 = waktu bola sampai kedasar (s)

3.5.4 Analisis Data

Data hasil penelitian akan dipersentasikan ke dalam bentuk grafik dan tabel dengan menggunakan analisis ragam dan dilakukan uji lanjut menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf $\alpha = 5\%$. Pengujian yang dilakukan pada biodiesel yang dihasilkan adalah rendemen biodiesel, massa jenis, dan viskositas biodiesel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

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

5.2 Saran

Pengujian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengetahui penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin dan perlu dihitung kinetiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaluddin, A.,Suryono, S. Nelvia, dan Wahyuni. 2009. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biodiesel dari minyak sawit mentah menggunakan katalis padat kalsium karbonat yang dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol.11 (2): 129 –134.
- Aziz, I., S.Nurbayti, dan B.Ullum. 2011. Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Valensi*. Vol.2 (3) : 443 – 448.
- Azocar, L., E. Scheuermann, P. Hiodalgo, R. Betancourt, and R. Navia. 2007. Biodiesel production from rapeseed oil with waste frying oils. *ISWA Conference Proccedings*. 19
hlm.www.iswa.org/uploads/tx.../594670_paper.pdf (diakses pada tanggal 31 Agustus 2016).
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2014. *Outlook energi Indonesia 2014*. Jakarta. 117 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Produksi tanaman perkebunan menurut provinsi dan jenis tanaman*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/839>. (diakses pada tanggal 17 April 2016).
- Bezard, J., M. Bugaut, and G. Clement. 1971. Triglycerida composition of coconut oil. *Jurnal Laboratoire de physiologie animale et de la nutrition*. Vol 48 :134 – 138.
- British Petroleum.2015. *BP Statistical Reviewof World Energy June2015*.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>. (diakses tanggal 13 september 2016).
- Darnoko, D and M. Cheryan. 2000. Continuous Production of Palm Metyl Ester. *J.Am.Oil Chem.Soc*. Vol. 77 (12) : 1269 – 1272.

- Firdaus, I.U. 2010. *Usulan teknis pembuatan biodiesel dari minyak jelantah*. PT. Nawapanca Engineering: Bandung. Laporan.
- 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.
- Padil, S. Wahyuningsih dan A. Awaluddin. 2010. Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui reaksi metanolisis menggunakan katalis CaCO_3 yang dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol.13 (1): 27 – 32.
- Putra, R.P., G. A. Wibawa, P. P, dan Mahfud. 2012. Pembuatan biodiesel secara batch dengan memanfaatkan gelombang mikro. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 1 (1): 34 – 37.
- Putri, S.K., Supranto, dan R. Sudiyo. 2012. Studi proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa (*coconut oil*) dengan bantuan gelombang ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol.6 (1) : 20 – 25.
- Satriana., N. E. Husna, Desrina dan M. D. Supardan. 2012. Karakteristik biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah menggunakan teknik kavitasasi hidrodinamik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. Vol.4 (2):15 – 20.
- Sinaga, S.V., A. Haryanto, S. Triyono. 2013. Pengaruh suhu dan waktu reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 3 (1): 27 – 34.
- Sipahutar, R., dan H.L.L.Tobing. 2013. Pengaruh variasi suhu dan waktu konversi biodiesel dari minyak jarak terhadap kuantitas biodiesel yang dihasilkan. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol. 13 (1) : 15 – 20.
- Sirvastava, A.,and R. Prasad. 2000. Triglycerides based biodiesel fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 4 (2000) :111 – 133.
- Sumangat, D. dan T. Hidayat. 2008. Karakteristik metil ester minyak jarak pagar hasil proses transesterifikasi satu dan dua tahap. *Jurnal Pascapanen*. Vol. 5 (2):18 – 26.

- Susila, I. W. 2009. Pengembangan Proses Produksi Biodiesel Biji Karet Metode Non-Katalis “*Superheated Methanol*” pada Tekanan Atmosfir. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 11 (2) :115 – 124.
- Syamsudin, M. 2010. *Membuat sendiri biodiesel bahan bakar alternatif pengganti solar*. Yogyakarta. 46 hlm.
- Wahyuni, Ade. 2010. *Karakteristik Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Berdasarkan Perlakuan Tingkat Suhu yang Berbeda Menggunakan Reaktor Sirkulasi*. <https://www.scribd.com/doc/44827668/Pengaruh-Suhu-dan-Waktu-terhadap-KualitasBiodiesel>. Diakses pada tanggal 27 September 2016.
- Wirawan, S. S. 2007. Future Biodiesel Research in Indonesia. *Asian Science and Tecnology Seminar*. BPPT, Jakarta, 8 Maret 2007.