



SKRIPSI

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU REAKSI TRANSESTERFIKASI DAN UJI PERFORMANYA PADA MESIN DIESEL

**SAKINAH HIMAV REZEIKA
NRP. 1413 100 045**

**Dosen Pembimbing
Dra. Ita Ulfan, M.Si
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D**

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



SCRIPT

SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL WITH NaOH CATALYST AT THE TIME VARIATION OF TRANSESTERIFICATION REACTION AND ITS PERFORMANCE TEST ON DIESEL ENGINE

**SAKINAH HIMAV REZEIKA
NRP. 1413 100 045**

**Advisor Lecturer
Dra. Ita Ulfin, M.Si
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D**

**DEPARTEMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU
REAKSI TRANSESTERIFIKASI DAN UJI
PERFORMANYA PADA MESIN DIESEL**

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi S-1

Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh :

SAKINAH HIMAV REZEIKA
NRP. 1413 100 045

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU
REAKSI TRANSESTERFIKASI DAN UJI
PERFORMANYA PADA MESIN DIESEL**

SKRIPSI

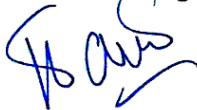
Oleh :

SAKINAH HIMAV REZEIKA
NRP. 1413 100 045

Surabaya, 8 Agustus 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



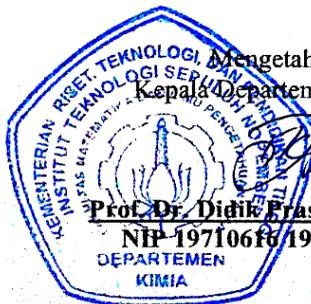
Dra. Ita Ulfin, M. Si.
NIP. 19650426 198903 2 002

Dosen Pembimbing II



Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D.
NIP. 19840524 200812 2 006

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia



Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc
NIP. 19710616 199703 1 002

**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU
REAKSI TRANSESTERIFIKASI DAN UJI
PERFORMANYA PADA MESIN DIESEL**

Nama Mahasiswa : Sakinah Himav Rezeika
NRP : 1413 100 045
Departemen : Kimia ITS
Pembimbing : Dra. Ita Ulfin, M. Si
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D.

ABSTRAK

Biodiesel telah disintesis dari minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng. Sintesis biodiesel dilakukan dengan katalis NaOH menggunakan metode reflux pada suhu 65 °C, perbandingan mol asam oleat : metanol 1:2, massa katalis 0,5% terhadap massa minyak jelantah. Variasi yang digunakan yaitu variasi waktu reaksi 30, 60 dan 90 menit. Sifat fisik dari biodiesel hasil sintesis yang dilakukan adalah densitas, viskositas, titik nyala, dan bilangan asam. Persen hasil tertinggi diperoleh pada variasi waktu 60 sebesar 93,92%. Densitas, viskositas, dan bilangan asam biodiesel mengalami penurunan saat waktu reaksi dinaikan. Hasil GC-MS biodiesel menunjukkan kandungan metil ester sebesar 99,5% dengan kelimpahan paling besar adalah metil oleat sebesar 56,808%. Nilai kalor pembakaran dari solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% dalam solar dex secara berturut-turut yaitu 10.710,89 , 9.494, dan 10.822 kal/g. Untuk uji performa pada mesin diesel pada putaran 2000 rpm dan pembebanan hingga 1000 watt, nilai *Brake Horse Power* (BHP) dari bahan bakar solar dex,

biodiesel 100%, dan biodiesel 10% dalam solar dex secara berturut-turut yaitu 1263,068, 1257,10, dan 1260, 37 watt serta nilai efisiensi dari bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% dalam solar dex secara berturut-turut yaitu 17,95%, 18,94%, dan 18,14%.

Kata kunci : *Biodiesel, BHP, Efisiensi, Minyak jelantah, Katalis basa, Transesterifikasi.*

SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL WITH NaOH CATALYST AT THE TIME VARIATION OF TRANSESTERIFICATION REACTION AND ITS PERFORMANCE TEST ON DIESEL ENGINE

Name : Sakinah Himav Rezeika
NRP : 1413 100 045
Departement : Kimia ITS
Advisor Lecturer : Dra. Ita Ulfin, M. Si
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D.

ABSTRACT

Biodiesel was synthesized from chicken frying oil. Synthesis of biodiesel was performed with NaOH catalyst using reflux method at 65 ° C, 1: 2 of oleic acid: methanol ratio, and 0.5 wt% catalyst based on oil weight. The variations of time are 30, 60, and 90 minutes. Biodiesel was characterized by its physical properties including density, viscosity, flash point, acid number, and heating value. Highest yield of biodiesel at 60 minute was 93,92%,. Density, viscosity, and acid value of biodiesel decrease when reaction time was increased. The GC-MS analysis result showed that content of methyl ester was 99,5%, which the highest content is methyl oleic 56,808 %. The heating value of solar dex, biodiesel 100%, and biodiesel 10% was 10.710,89 kal/g, 9.494 kal/g, 10.822 kal/g respectively. For performance tests on diesel engines at 2000 rpm and load generator until 1000 watt, the value of Brake Horse Power (BHP) from solar dex, biodiesel 100%, and biodiesel 10% was 1263,068 watt, 1257,10 watt, and 1260, 37 watt respectively and value of efficiency of diesel fuel, 100% biodiesel and 10% biodiesel was 17,95%, 18,94% and 18,14% respectively.

Kata kunci : *Base catalyst, Biodiesel, BHP, Efficiency, Waste cooking oil, Transesterification.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul **“Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi dan Uji Performanya dengan Mesin Diesel.”** dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada :

1. Dra. Ita Ulfin, M. Si. dan Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc., selaku ketua departemen kimia atas fasilitas yang telah diberikan di jurusan Kimia sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si., selaku dosen wali atas semua arahan yang diberikan.
4. Dosen beserta karyawan Departemen Kimia FMIPA ITS yang telah membantu.
5. Mama, bapak, mami, nabila, raul, abang septian, dan keluarga besar tersayang yang memberikan motivasi dan doa yang tiada henti.
6. Anorthite yang telah menggopohi saya dan memberikan semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
7. 9en99es yang selalu ada buat saya, naskah ini untuk kalian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 19 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Biodiesel.....	5
2.2. Minyak Jelantah	10
2.3. Katalis	12
2.4. Reaksi Transesterifikasi	14
2.5. Karakterisasi.....	18
2.5.1. Kromatografi Gas-Spektrometri Gas	18

2.5.2. Titik Nyala	21
2.5.3. Viskositas	21
2.5.4. Densitas	22
2.5.5. Angka Asam	22
2.5.6. Nilai Kalor	22
2.5.7. Performansi Bahan Bakar pada Mesin Diesel	23
2.5.7.1 <i>Brake Horse Power</i> (BHP) Bahan Bakar	23
2.5.7.2 Efisiensi Termal Bahan Bakar	25
BAB III	27
METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Alat dan Bahan	27
3.2. Prosedur Penelitian	27
3.2.1. Pembuatan dan Standarisasi Larutan Standar NaOH 0,1 N	27
3.2.2. Perlakuan Minyak Jelantah	28
3.2.3. Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah	28
3.2.4. Preparasi Larutan Metoksi	28
3.2.5. Pembuatan Biodiesel	29
3.3. Analisis Parameter Uji Biodiesel	29
3.3.1. Penentuan Persen Hasil Biodiesel	29
3.3.2. Analisis Titik Nyala	29
3.3.3 Analisis Densitas	30
3.3.4 Viskositas	30
3.3.5 Analisis Bilangan Asam	30

3.3.6. Analisis Uji Kalor	31
3.4. Analisis Biodiesel dengan GC-MS.....	31
3.5. Analisis Peforma Bahan Bakar pada Mesin Diesel	32
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah.....	33
4.2. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah.....	34
4.3. Hasil Analisis Parameter Biodiesel	37
4.3.1. Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Persen Hasil Biodiesel	37
4.3.2. Pengaruh Waktu terhadap Densitas Biodiesel	38
4.3.3. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel	39
4.3.4. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Bilangan Asam Biodiesel	40
4.3.5. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Titik Nyala Biodiesel	41
4.3.6. Analisis Kromatografi Gas.....	42
4.3.7. Analisis Hasil Performa Pada Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%	45
4.3.7.1.....Nilai Kalor Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%	46
4.3.7.2. Analisis Efisiensi pada Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% dalam Solar Dex.....	46
4.3.7.3. Analisis <i>Brake Horse Power</i> (BHP) pada Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%	48

BAB V	49
KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1.Kesimpulan.....	49
5.2.Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	59
A. Skema Kerja	59
B. Perhitungan.....	61
C. Data Karakterisasi.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Struktur Kimia Beberapa Asam Lemak (Gerpen dkk., 2004).....	7
Tabel 2. 2. Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015	9
Tabel 2. 3. Bahan Baku Minyak Nabati dan Katalis dari Beberapa Penelitian.....	10
Tabel 2. 4. Sifat dan Komposisi Asam Lemak Bebas dari Minyak Jelantah untuk Produksi Biodiesel (Maneerung dkk.,2016).....	11
Tabel 2. 5. Sintesis Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah dari Beberapa Penelitian.....	12
Tabel 4. 1. Hasil Kromatografi Gas.....	44
Tabel 4. 2. Sifat Fisik dari Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, Biodiesel 10%.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Struktur kimia (a) Trigliserida, (b) Digliserida dan (c) Monogliserida (Gerpen dkk., 2004)	6
Gambar 2. 2. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi (Enweremadu dkk., 2009).....	15
Gambar 2. 3. Hidrolisis Air dari Minyak Nabati atau Lemak Hewan Membentuk Asam Lemak Bebas (Atadashi dkk., 2013).....	18
Gambar 2. 4. Kromatogram GC-MS Biodiesel Hasil Sintesis (Suirta, 2009)	21
Gambar 2. 5. Grafik Karakteristik Daya Motor pada Berbagai Campuran Bahan Bakar dengan Komposisi Solar : Biodiesel yaitu B0 = 100:0; B10 = 80:20; B20 = 60:40; B40 = 60:40 dan B100 = 0:100 (Irvansyah, 2014).....	24
Gambar 2. 6. Grafik Karakteristik Efisiensi Termal pada Berbagai Campuran Bahan Bakar dengan Komposisi Solar : Biodiesel yaitu B0 = 100:0; B10 = 80:20; B20 = 60:40; B40 = 60:40 dan B100 = 0:100 (Irvansyah, 2014).....	25
Gambar 4. 1. Rangkaian Alat Refluks.....	35
Gambar 4. 2. Dua Fasa pada Corong Pisah	36
Gambar 4. 3. (Kiri) Minyak Jelantah dan (Kanan) Biodiesel yang Terbentuk.....	36
Gambar 4. 4. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Persen Hasil Biodiesel	38
Gambar 4. 5. Grafik Hubungan Waktu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel	39
Gambar 4. 6. Grafik Hubungan Viskositas terhadap Waktu Reaksi	40
Gambar 4. 7. Grafik Hubungan Bilangan Asam terhadap Waktu Reaksi	41

Gambar 4. 8. Grafik Hubungan Titik Nyala terhadap Waktu Reaksi	42
Gambar 4. 9. Kromatogram dari Analisa Kromatografi Gas Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH.....	43
Gambar 4. 10. Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm	47
Gambar 4. 11. Perbandingan Nilai <i>Brake Horse Power</i> (BHP) Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar kebutuhan energi dunia dipasok melalui sumber minyak bumi, batubara dan gas alam. Kebutuhan energi yang meningkat tidak sebanding dengan ketersediaan sumber energi tersebut yang semakin berkurang (Meng dkk., 2008). Beberapa negara mulai mengembangkan energi nuklir, hidrogen, angin, dan yang saat ini berkembang adalah biodiesel. Produksi biodiesel sedang dikembangkan karena pembuatannya mudah, murah dan terbarukan (Ramkumar dan Kirubakaran, 2016).

Penggunaan bahan baku yang melimpah dan murah merupakan upaya dalam menekan biaya produksi biodiesel. Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang melimpah karena minyak jelantah merupakan limbah yang semakin meningkat dan menyebabkan masalah lingkungan terutama pencemaran air (Glisic dan Orlović, 2014). Minyak jelantah yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng. Konsumsi ayam goreng di Indonesia besar dikarenakan murah dan mudah didapatkan (Winda, 2016) sejalan dengan meningkatnya restoran ayam di Indonesia (Kusdianto, 2016), sehingga minyak jelantah yang dihasilkan dari hasil penggorengan dari ayam goreng juga besar. Minyak jelantah yang digunakan untuk bahan baku biodiesel melalui reaksi transesterifikasi memiliki syarat yaitu kadar air yang kurang dari 0,5% dan bilangan FFA (*Free Fatty Acid*) 1% agar tidak terjadi proses penyabunan pada pembuatan biodiesel (Gardy dkk., 2016).

Biodiesel adalah alkil ester dari asam yang memiliki rantai yang panjang dengan melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas dengan alkohol (Banerjee

dan Chakraborty, 2009). Metanol adalah jenis alkohol yang sering digunakan karena harganya yang murah dan memiliki rantai alkohol yang pendek sehingga memudahkan terbentuknya biodiesel (Zeng dkk., 2017). Proses pembentukan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi lebih baik digunakan karena kecepatan reaksi yang tinggi, suhu yang rendah, dan membutuhkan waktu yang tidak lama (Leung dkk., 2010). Reaksi transesterifikasi pembentukan biodiesel bergantung pada suhu reaksi, waktu, kecepatan pengadukan, jumlah katalis, dan perbandingan mol minyak : metanol (Banerjee dan Chakraborty, 2009).

Biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi yang dibantu dengan katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH. Penggunaan katalis homogen memudahkan terjadinya reaksi transesterifikasi (Duarte dkk., 2016). Penggunaan katalis basa kuat yang terlarut dalam metanol dapat membentuk persen hasil alkil ester 90-95%. Kinerja katalis NaOH lebih baik dibandingkan alkali basa yang lain karena kekuatan kebasaannya yang sangat tinggi (Laksono, 2013). Berdasarkan penelitian Filho dkk. (2014), produksi biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan 87% dengan katalis NaOH, Phan dan Phan (2008) menghasilkan 50% biodiesel dengan katalis KOH, dan Fadhil dan Bakir (2011), produksi biodiesel dari minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng menghasilkan biodiesel sebesar 50% dengan katalis KOH.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel menggunakan minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng dengan variasi waktu. Katalis yang digunakan adalah NaOH 0,5% dari massa minyak, suhu reaksi 65°C, kecepatan pengadukan 600 rpm, dan perbandingan mol asam oleat : metanol yaitu 1:2. Hasil biodiesel ini dianalisa sifat fisika kimianya antara lain densitas, titik nyala, viskositas, dan bilangan asam. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan Kromatografi Gas untuk

mengetahui kadar metil ester yang terkandung dalam biodiesel tersebut dan dianalisa nilai kalor hasil biodiesel menggunakan bom kalorimeter. Analisa performansi pada mesin diesel yang dianalisis adalah nilai *Brake Horse Power* (BHP) dan Efisiensi.

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah berapa persen hasil biodiesel yang terbentuk menggunakan minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng sebagai bahan utama dengan katalis NaOH, bagaimana pengaruh waktu reaksi transesterifikasi terhadap hasil biodiesel yang ditinjau dari densitas, viskositas, titik nyala, dan bilangan asam sesuai standar SNI 04-7182-2015, dan bagaimana uji performa bahan bakar biodiesel dibandingkan dengan solar dex pada mesin diesel.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis NaOH dengan variasi waktu reaksi transesterifikasi dan uji performanya pada mesin diesel.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis NaOH dilakukan dengan metode refluks pada suhu 65 °C, perbandingan mol asam oleat : metanol adalah 1:2 dan massa katalis 0,5 % terhadap massa minyak jelantah. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah waktu reaksi yaitu 30, 60 dan 90 menit dengan dilakukan 3 kali pengulangan setiap variasinya. Penambahan natrium sulfat dilakukan terhadap semua hasil biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi titik nyala, analisis densitas, analisis bilangan asam, densitas dan viskositas. Selain itu, dilakukan uji dengan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) untuk mengetahui kandungan kadar metil

ester pada hasil biodiesel dan dianalisis nilai kalor dari biodiesel menggunakan bom kalorimeter. Analisa performansi pada mesin diesel yang dianalisis adalah nilai *Brake Horse Power* (BHP) dan Efisiensi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan data ilmiah mengenai pengaruh waktu terhadap biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis NaOH.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

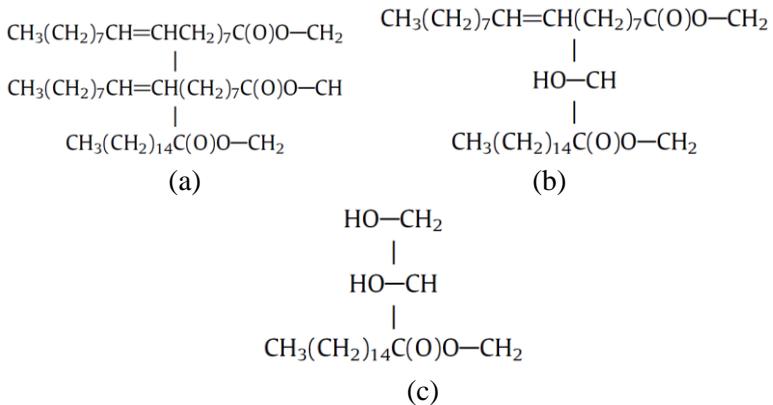
2.1. Biodiesel

Biodiesel adalah alkil ester yang terbuat dari bahan yang tidak beracun, terbuat dari sumber biologi seperti minyak nabati, lemak hewan bahkan minyak goreng jelantah. Biodiesel dapat disintesis melalui transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa dan melalui esterifikasi dengan menggunakan katalis asam. Minyak nabati yang digunakan dapat berupa minyak yang dapat dikonsumsi, tidak dapat dikonsumsi dan minyak goreng jelantah. Sumber biodiesel yang berasal dari minyak nabati yang dapat dikonsumsi antara lain minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jagung, minyak kedelai, minyak biji bunga matahari, *cannola* dan *rapessed oil*. Sedangkan sumber biodiesel yang berasal dari minyak yang tidak dapat dikonsumsi antara lain *jatropha curcas*, *pongamina pinnata*, *sea mango*, *palanga* dan *tallow oil* (Leung dkk., 2010).

Minyak nabati yang dapat dikonsumsi banyak digunakan untuk sintesis biodiesel dikarenakan sumber minyak nabati mudah diperoleh, dapat diperbarui (*renewable*), nontoksik dan dapat diurai secara alami (*biodegradable*) (Rahayu, 2005). Selain itu, biodiesel dapat diproduksi dalam skala besar dengan penggunaan minyak nabati sebagai sumbernya (Patil dkk., 2009). Hal ini disebabkan karena minyak nabati diproduksi oleh banyak negara dan sifat biodiesel yang diproduksi mendekati sifat bahan bakar diesel (Gui dkk., 2008). Kekurangan minyak nabati yang tidak dapat dikonsumsi adalah minyak ini mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi sehingga dibutuhkan tahapan bertingkat untuk memproduksi biodiesel dengan *yield* yang besar. Hal ini dapat meningkatkan biaya produksi biodiesel (Haas, 2005; Patil dkk., 2009). Lemak hewan juga dapat digunakan sebagai bahan

baku untuk pembuatan biodiesel. Akan tetapi lemak hewan ini mengandung asam lemak jenuh yang tinggi dan berwujud padat pada suhu ruang sehingga dapat menimbulkan masalah pada proses produksi biodiesel. Selain itu, biaya pembuatan biodiesel dari lemak hewan lebih tinggi daripada minyak nabati (Singh dkk, 2009). Sehingga pembuatan biodiesel lebih banyak menggunakan minyak nabati yang dapat dikonsumsi.

Minyak nabati dan lemak mengandung gliserol dan asam lemak yang disebut gliserida atau trigliserida. Gambar 2.1 menunjukkan struktur trigliserida, monogliserida dan digliserida.



Gambar 2. 1. Struktur kimia (a) Trigliserida, (b) Digliserida dan (c) Monogliserida (Gerpen dkk., 2004)

Terdapat 2 jenis asam lemak yaitu asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Contoh asam lemak yang sering dijumpai adalah asam stearat, asam oleat, asam linoleat dan asam palmitat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. (Gerpen dkk., 2004).

Tabel 2. 1. Struktur Kimia Beberapa Asam Lemak (Gerpen dkk., 2004)

Asam Lemak	Struktur	Akronim
Asam palmitat/ asam heksadekanoat	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$	C16:0
Asam stearat/ asam oktadekanoat	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$	C18:0
Asam oleat/ asam- 9(z)-oktadekanoat	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-}$ $\text{CH}=\text{(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$	C18:1
Asam linoleat/ asam 9(z),12(z)oktadekadienoat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{C}$ $\text{H}=\text{CH(CH}_2\text{)}_7\text{COOH}$	C18:2

Biodiesel dapat diperoleh melalui beberapa metode, antara lain yaitu :

1. *Direct use and blending*

Metode ini didasarkan penggunaan langsung minyak nabati ataupun lemak hewan menjadi bahan bakar atau mencampurkannya dengan bahan bakar diesel. Keuntungan dari metode ini adalah mudah didapat, sederhana. Akan tetapi, kekurangan metode ini adalah viskositas yang tinggi, tingkat volatil yang rendah (Kaya dkk., 2009).

2. *Micro-emulsions*

Metode ini merupakan metode yang didasarkan disperse koloid dari fluida mikrostruktur yang mempunyai ukuran pada kisaran 1-150 nm yang terbentuk secara spontan dari 2 cairan yang tidak bercampur dan dari 1 atau lebih ionik atau non ionik. Kelebihannya adalah viskositas bahan bakar yang rendah sedangkan kekurangannya adalah angka setana yang rendah (Sahoo dkk., 2009).

3. Pirolisis

Pirolisis disebut juga dengan *thermal cracking*. Metode ini memanfaatkan panas untuk memutuskan ikatan panjang dan jenuh dari minyak membentuk biodiesel. Produk dari metode ini secara kimia sama dengan bahan bakar diesel akan tetapi diperlukan biaya yang tinggi dan energy yang intensif (San Jose dkk., 2008).

4. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi lemak atau minyak dengan alkohol membentuk metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis. Kelebihan metode ini adalah angka setana yang tinggi, emisi rendah sedangkan kekurangan metode ini adalah metode ini membentuk produk samping yang tidak diinginkan yaitu gliserol dan air.

Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan solar adalah biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number*), angka cetana lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai, merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui dan meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal (Rahayu, 2005). Selain itu, lebih dari 90 % biodiesel dapat terurai dalam 21 hari (Speidel et dkk., 2000).

Spesifikasi untuk biodiesel adalah SNI 04-7182-2015. SNI biodiesel ini di susun dengan memperhatikan standar biodiesel yang berlaku di luar negeri seperti ASTM D6751 di Amerika Serikat dan EN 14214:2002 untuk negara Uni Eropa. Spesifikasi SNI dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015

Parameter	Satuan	Nilai
Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850 – 890
Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (CSt)	2,3 – 6,0
Angka setana		min. 51
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
Titik kabut	°C	maks. 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		maks no.3
Residu karbon - Dalam contoh asli atau - Dalam 10% ampas distilasi	%-massa	maks. 0,05 maks 0,30
Air dan sedimen	%-vol	maks 0,05*
Temperatur distilasi 90 %	°C	maks. 360
Abu tersulfatkan	%-massa	maks. 0,02
Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
Angka asam	mg- KOH/g	maks. 0,8
Gliserol bebas	%-massa	maks. 0,02
Gliserol total	%-massa	maks. 0,24
Kadar ester alkil	%-massa	min. 96,5
Angka iodium	%-massa	maks. 115
Uji Halphen		negatif

Sumber : Badan Standarisasi Nasional

Biodiesel dapat disintesis dengan katalis asam dan katalis basa. Bahan baku dan katalis yang digunakan juga berasal dari beberapa minyak nabati seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Bahan Baku Minyak Nabati dan Katalis dari Beberapa Penelitian

Peneliti	Bahan Baku	Katalis	Kondisi Reaksi	Hasil
Piker dkk., 2016	Minyak jelantah	Cangkang telur	Suhu reaksi = 25 °C Rasio mol minyak : alkohol = 1 :6	97 %
Soltani dkk., 2016	Minyak kelapa sawit	ZnAl ₂ O ₄	Suhu = 100 °C Rasio minyak : alkohol =1:9	94,65%
Wang dkk., 2012	Minyak kedelai	Lithium ortosilikat	Suhu = 65 °C Rasio minyak : alkohol = 1:18	98,10%
Alhasan dkk., 2013	Minyak bunga matahari	[Fe(HSO ₄) ₃]	Suhu = 205 °C Rasio minyak : alkohol = 1:15	94,5 %

2.2. Minyak Jelantah

Minyak goreng jelantah merupakan minyak goreng yang digunakan beberapa kali pemakaian oleh konsumen. Minyak jelantah kaya akan asam lemak bebas (Pakpahan dkk., 2013). Menurut Mahreni (2010), minyak goreng bekas adalah minyak makan nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi coklat tua. Proses pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak. Pemanasan dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak. Berat molekul dan angka iodin menurun

sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi (Marmesat dkk., 2008). Sifat dan komposisi asam lemak bebas dari minyak jelantah dapat dilihat Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Sifat dan Komposisi Asam Lemak Bebas dari Minyak Jelantah untuk Produksi Biodiesel (Maneerung dkk.,2016)

Sifat	Minyak Fresh	Minyak Jelantah (Maneerung dkk.,2016)
Bilangan Penyabunan (mg KOH / g)	-	201.5
Bilangan Asam (mg KOH / minyak g)	0.5	1.9
%FFA	0.3	1
%Kandungan air	0.1	2.6
Densitas pada 15°C (g/cm ³)	892	902
Viskositas pada 40°C (mm ² /s)	25.6	32
Warna	Kuning Terang	Kuning Gelap
Komposisi %FFA massa		
Oleic (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	43.9	43.2
Linoleic (C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	30.4	30.1
Palmitic (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	20.3	19.4
Linolenic (C ₁₈ H ₃₀ O ₂)	4.8	4.7
Stearic (C ₁₈ H ₃₆ O ₂)	2.9	2.6
Rata – rata massa molar	993.5	989.3

Minyak goreng jelantah dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan kandungan FFA yaitu minyak kuning dengan

kandungan FFA <15% dan minyak coklat dengan kandungan FFA <15% (Goering dkk., 1982). Kandungan FFA dan air di dalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserid di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan.

Berdasarkan hal tersebut, minyak jelantah dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Beberapa penelitian yang menggunakan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5. Sintesis Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah dari Beberapa Penelitian

Peneliti	Katalis	Kondisi Reaksi	Hasil
Gerhard dkk., 2015	Asam Sulfat	Suhu reaksi = 65 °C Rasio mol minyak : alkohol = 1 : 30	61 %
Argawal dkk., 2011	KOH	Suhu reaksi = 70 °C Rasio = 1 : 6	98,2 %
Tan dkk., 2015	CaO	Suhu reaksi = 65 °C Rasio = 1:12	94-96 %
Ehsan dkk., 2015	NaOH	Suhu reaksi = 60 °C Rasio = 1 : 5	80-90 %
Amania dkk., 2016	CsM-SiO ₂	Suhu reaksi : 65 °C Rasio = 1 : 20	90 %

2.3. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang meningkatkan laju reaksi tanpa dirinya sendiri terlibat reaksi secara permanen sehingga pada

akhir reaksi katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Ketika reaksi selesai maka akan didapatkan massa katalis yang sama. Untuk meningkatkan laju reaksi yaitu dengan meningkatkan jumlah tumbukan – tumbukan pada reaksi. Tumbukan – tumbukan akan menghasilkan reaksi jika partikel – partikel yang bertumbukan dengan energi yang cukup untuk memulai suatu reaksi. Hal ini dapat dilakukan dengan menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi.

Katalis dapat dibagi menjadi 3 bagian besar yaitu sebagai berikut :

1. Katalis Homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang sama dengan reaktannya. Contohnya adalah $ZnCl_2$, $ZnBr_2$, $AlCl_3$, NiO , ZnO , Cr_2O_3 dan lain – lain. Katalis homogen dapat dengan mudah ditambahkan pada suatu reaksi, mudah diproduksi kembali dan memiliki selektivitas yang tinggi namun sulit untuk dipisahkan dari produknya (Thomas dan Thomas, 1997).

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktannya. Misalnya katalis ruah (*bulk catalyst*) dan katalis pendukung (*supported catalyst*). Katalis ruah sebagian besar terdiri dari material yang aktif, seperti silika, alumina, katalis Zn-Cr oksida dan besi Molibdat (Perego and Villa, 1997). Sedangkan katalis pendukung dapat dibedakan menjadi *supported* logam, oksida, sulfida dan *supported* basa. Katalis heterogen mempunyai kelebihan mudah dipisahkan dari produknya tetapi terkadang yield yang diperoleh tidak terlalu besar. Pengaruh massa katalis kurang begitu penting dibandingkan dengan pengaruh *surface areanya* (Thomas dan Thomas, 1977). Mekanisme yang terjadi pada katalis heterogen , melibatkan proses

adsorpsi dan desorpsi. Proses adsorpsi akan membawa molekul reaktan pada sisi aktif dari katalis yang akan merubah sifat dari reaktan, membentuk *intermediet* tertentu, kemudian produk dilepaskan dari permukaan melalui proses desorpsi (Whyman, 1994).

3. Biokatalis

Biokatalis merupakan katalis ada pada makhluk hidup, seperti enzim, proses biokatalitik dalam sel dan *immobilized* enzim (Thomas dan Thomas, 1997).

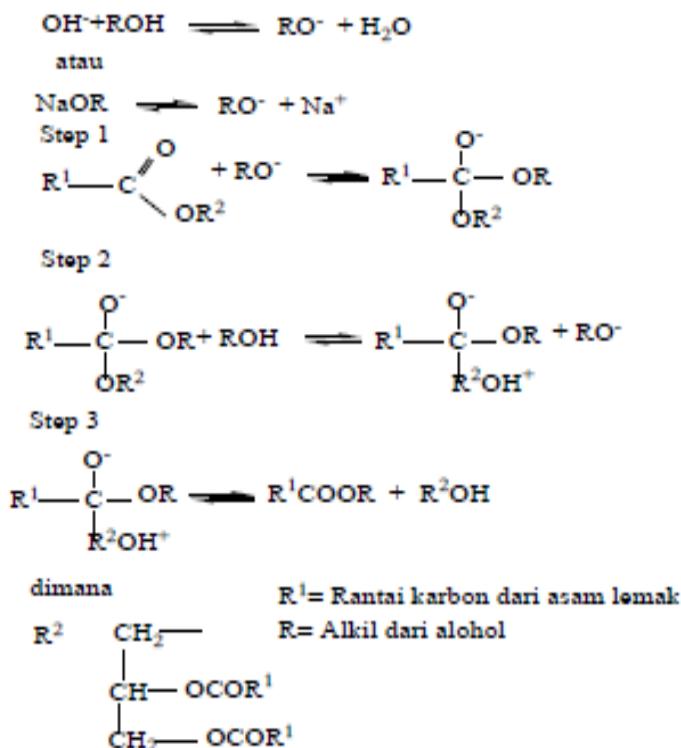
2.4. Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi pembentukan trigliserida, digliserida dan monogliserida yang termodifikasi ke dalam gliserol dengan menggunakan katalis basa (Marchetti dkk., 2010). Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi *reversible* dan alkohol berlebih bergeser ke kesetimbangan menuju sisi produk. Semakin lama waktu transesterifikasi menyebabkan trigliserida minyak semakin banyak yang terkonversi menjadi metil ester. Hal ini disebabkan oleh jumlah trigliserida yang berkurang dan bereaksi dengan metanol membentuk asam lemak metil ester (Evy dkk., 2012). Beberapa tahapan mekanisme reaksi transesterifikasi yaitu:

1. Sebelum reaksi berlangsung terjadi ikatan antara katalis dan trigliserida
2. Ion alkoksida menyerang karbon karbonil dari molekul trigliserida menghasilkan komponen hasil antara
3. Reaksi komponen hasil antara dengan molekul alkohol menghasilkan ion alkoksida
4. Penyusunan kembali komponen hasil antara menghasilkan ester dan gliserol (Enweremadu dkk., 2009).

Mekanisme reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Pada reaksi transesterifikasi banyak digunakan bermacam-macam jenis alkohol antara lain metanol, etanol, propanol dan butanol. Metanol sering digunakan disebabkan lebih mudah dikerjakan karena biaya yang lebih rendah dan memiliki keuntungan fisika dan kimia seperti lebih polar dan mempunyai ikatan alkohol dengan gugus paling pendek (Ma F dan Hanna, 1999).



Gambar 2. 2. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi (Enweremadu dkk., 2009)

Pada umumnya, reaksi transesterifikasi memiliki beberapa faktor yang sangat berpengaruh terhadap hasil akhir sintesis. Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

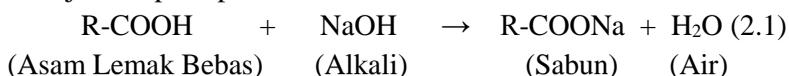
1. Waktu reaksi,
Semakin lama waktu reaksi maka metil ester yang diperoleh semakin banyak (Mahreni dkk., 2011).
2. Pengaruh air dan asam lemak,
Minyak nabati yang akan direaksikan dengan alkohol menggunakan katalis basa, harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Kandungan asam lemak bebas yang disarankan yakni lebih kecil dari 0,5% (<0,5%). Semakin banyak air yang terdapat di dalam minyak, maka akan semakin menurunkan metil ester yang dihasilkan karena air akan bereaksi dengan katalis sehingga jumlah sisi aktif dari katalis akan semakin berkurang (Freedman, 1984).
3. Perbandingan mol alkohol dan minyak
Semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka semakin tinggi konversi yang didapatkan. Perbandingan mol alkohol dan minyak yaitu 6 : 1 setelah 1 jam waktu reaksi menghasilkan metil ester yaitu 98-99% sedangkan pada perbandingan 3:1 menghasilkan 74-89%. Sehingga perbandingan alkohol dan minyak 6:1 merupakan perbandingan terbaik karena dapat mengkonversi metil ester yang maksimum (Freedman, 1984).
4. Jenis alkohol,
Penggunaan metanol dengan rasio alkohol:minyak adalah 6:1 memberikan metil ester yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan etanol atau butanol (Freedman, 1984).
5. Jenis katalis,
Katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi antara lain natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH),

natrium metoksida (NaOCH_3) dan kalium metoksida (KOCH_3). Ion yang berperan aktif dalam katalis tersebut adalah ion metoksida. Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan jumlah metil ester pada penggunaan jumlah katalis 0,5-1,5% berat minyak nabati. Untuk natrium metoksida, penggunaan katalis maksimum pada berat 0,5% dari minyak nabati sedangkan untuk natrium hidroksida adalah 1% berat minyak nabati (Freedman, 1984).

6. Suhu reaksi.

Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu $30\text{-}65^\circ\text{C}$ dengan menggunakan metanol. Semakin tinggi suhu maka jumlah metil ester yang didapatkan akan semakin tinggi. Suhu rendah akan menghasilkan konversi yang lebih tinggi akan tetapi pada waktu reaksi yang lebih lama (Destianna, 2007).

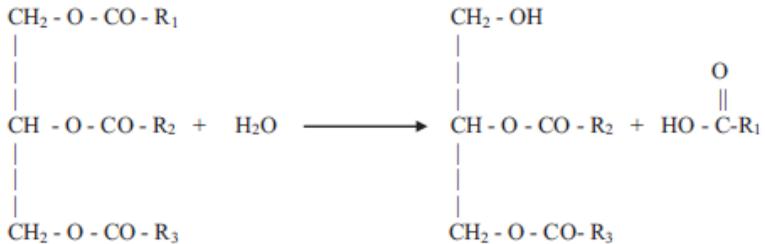
Selain mengandung ester, pada minyak nabati dan lemak hewan juga mengandung sedikit asam lemak bebas. Keberadaan asam lemak bebas pada reaksi transesterifikasi dengan katalis alkali perlu diperhatikan. Hal ini karena asam lemak bebas akan bereaksi dengan katalis alkali membentuk sabun seperti ditunjukkan pada persamaan 2.1.



Selain itu, keberadaan air dalam reaksi transesterifikasi sangat penting untuk diperhatikan karena dengan adanya air, alkil ester yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3.

Reaksi penyabunan ini sangat mengganggu dalam karena menurunkan *yield* biodiesel yang diperoleh. Akibat reaksi samping ini, katalis basa harus terus ditambahkan karena sebagian katalis basa akan habis bereaksi membentuk produk samping berupa sabun. Kehadiran sabun dapat menyebabkan meningkatnya

pembentukan gel dan viskositas pada produk biodiesel serta menjadi penghambat dalam pemisahan produk biodiesel dari campuran reaksi karena menyebabkan terjadinya pembentukan emulsi. Hal ini secara signifikan akan menurunkan keekonomisan proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa (Van Gerpen dkk., 2004).



Gambar 2. 3. Hidrolisis Air dari Minyak Nabati atau Lemak Hewan Membentuk Asam Lemak Bebas (Atadashi dkk., 2013)

Jumlah kadar FFA maksimum pada minyak nabati jika menggunakan katalis basa adalah 3 %, jika melebihi kadar tersebut maka reaksi tidak dapat terjadi (Atadashi dkk., 2013). Maka, sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi, minyak tersebut harus di *pretreatment* terlebih dahulu (ISTC, 2006). Setelah reaksi transesterifikasi selesai, maka akan didapatkan 2 produk yaitu biodiesel (metil ester) dan gliserol. Gliserol berada dibawah biodiesel karena gliserol memiliki massa jenis lebih besar daripada biodiesel. Pemisahan dapat diamati dalam 10 menit dan berpisah sempurna dalam beberapa jam (Van Gerpen dkk., 2004).

2.5. Karakterisasi

2.5.1. Kromatografi Gas-Spektrometri Massa

Kromatografi Gas adalah alat yang digunakan untuk memisahkan komponen suatu campuran dan juga dapat digunakan

untuk mengidentifikasi, penentuan kuantitas dan pengumpulan senyawa yang telah dipisahkan tersebut. Prinsip pemisahan secara kromatografi gas adalah penyebaran cuplikan diantara 2 fasa. Pemisahan tercapai dengan partisi sampel antara fasa gas bergerak dan fasa diam berupa cairan dengan titik didih tinggi, tidak mudah menguap yang terikat pada zat padat penunjangnya. Kelebihan kromatografi gas adalah kolom yang digunakan lebih panjang untuk menghasilkan efisiensi pemisahan yang tinggi, keseimbangan partisi antara gas dan cair berlangsung cepat sehingga analisis relatif cepat dan sensitivitasnya tinggi. Fasa gas dibandingkan sebagai fasa cair tidak bersifat reaktif terhadap fasa diam dan zat – zat terlarut. Kelemahannya adalah teknik ini terbatas untuk zat yang mudah menguap (McNairn dan Bonelli, 1998).

Kromatografi gas dapat memberikan informasi kuantitatif. Terdapat 3 jenis metode analisis kuantitatif kromatografi gas yaitu metode standar kalibrasi, metode standar internal dan metode normalisasi area.

1. Metode standar kalibrasi

Untuk analisis dengan metode ini harus disiapkan beberapa larutan standar yang komposisinya sama dengan analit. Kemudian tiap larutan standar diukur dengan kromatografi gas sehingga diperoleh kromatogram untuk tiap larutan standar. Selanjutnya diplot area puncak atau tinggi puncak sebagai fungsi konsentrasi larutan standar.

2. Metode normalisasi area

Metode analisis ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan yang berhubungan dengan injeksi cuplikan. Dengan metode ini diperlukan elusi yang sempurna, semua komponen campuran harus keluar dari kolom. Area setiap puncak

dihitung, kemudian area – area puncak tersebut dikoreksi terhadap respon detektor untuk jenis senyawa yang berbeda. Selanjutnya konsentrasi analit ditentukan dengan membandingkan area suatu puncak terhadap total area semua komponen (Handayana, 2006)

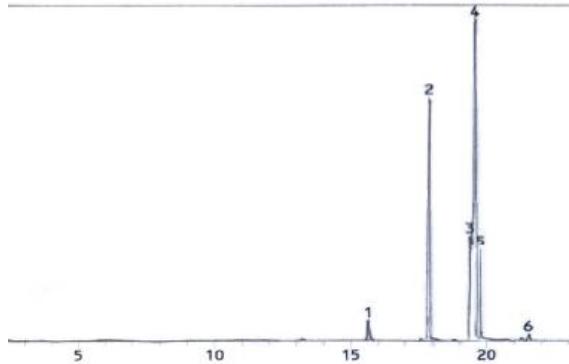
3. Metode standar internal

Metode ini merupakan cara yang paling baik untuk mendapatkan hasil yang akurat. Metode ini diawali dengan penambahan senyawa standar yang diketahui beratnya ke dalam cuplikan. Senyawa standar tersebut harus yang tidak terdapat di dalam cuplikan. Untuk menghitung berat masing – masing komponen dalam cuplikan, luas puncak dari senyawa standar dipakai sebagai pembanding. Syarat utama senyawa standar adalah senyawa tersebut terelusi terisah dari masing – masing komponen penyusun cuplikan, tetapi letak puncaknya tidak jauh dari puncak komponen dan sebaiknya ada diantaranya. Senyawa standar harus mempunyai gugus fungsional yang serupa atau merupakan senyawa yang serupa dengan komponen dalam cuplikan. Selain itu harus stabil dalam kondisi analisis dan tidak bereaksi dengan cuplikan yang dianalisis.

Suirta (2009) melaporkan kromatogram KG-SM biodiesel yang disintesis dari minyak jelantah kelapa sawit dengan 2 tahapan yaitu esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat dan transesterifikasi menggunakan katalis natrium hidroksida pada Gambar 2.4.

Senyawa metil ester yang diperoleh sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada bahan dasar minyak kelapa sawit. Senyawa metil arakhidat tidak sesuai dengan kandungan asam lemak pada kelapa sawit dimungkinkan senyawa

ini diperoleh dari hasil esterifikasi dan transesterifikasi asam lemak yang berasal dari bahan makanan yang digoreng (Suirta, 2009).



Gambar 2. 4. Kromatogram KG-SM Biodiesel Hasil Sintesis (Suirta, 2009)

2.5.2. Titik Nyala

Sesuai SNI, titik nyala dari biodiesel minimal 100 °C. Titik nyala yang tinggi akan memudahkan penyimpanan bahan bakar, karena tidak akan mudah terbakar pada temperatur ruang (Aziz dkk., 2011). Titik nyala berkaitan dengan keamanan dan keselamatan terutama *handling* dan *storage*. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan bahan bakar untuk terbakar (Evy dkk., 2012).

2.5.3. Viskositas

Nilai viskositas sesuai SNI biodiesel adalah 2,3-6 CSt pada 40 °C. Viskositas mempunyai peranan penting dalam proses penginjeksian bahan bakar. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar sedangkan jika terlalu tinggi akan mempengaruhi kerja cepat alat

injeksi dan mempersulit pengabutan bahan bakar (Hardjono, 2001).

2.5.4. Densitas

Nilai densitas sesuai SNI biodiesel adalah 850-890 kg/L pada 40 °C. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Minyak jelantah mempunyai densitas sebesar 887 kg/L pada 40 °C (Aziz dkk., 2011).

2.5.5. Angka Asam

Angka asam adalah jumlah milligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak. Sesuai SNI, angka asam maksimal adalah 0,8 mg KOH/g. Minyak jelantah mempunyai bilangan angka asam sebesar 5,26 mg KOH/g (Aziz dkk., 2011). Rendahnya asam lemak yang dihasilkan menandakan bahwa kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah telah menurun (Evy dkk., 2012)..

2.5.6. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan massanya. Nilai kalor ini berpengaruh terhadap jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalornya maka semakin sedikit pemakaian bahan bakar tersebut. Nilai kalor tersebut diukur dengan calorimeter bomb. Prinsip kerja dari calorimeter bomb adalah alat ini mengukur jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran sempurna dalam oksigen berlebih suatu senyawa (Tazi dan Sulistiana, 2011).

2.5.7. Performansi Bahan Bakar pada Mesin Diesel

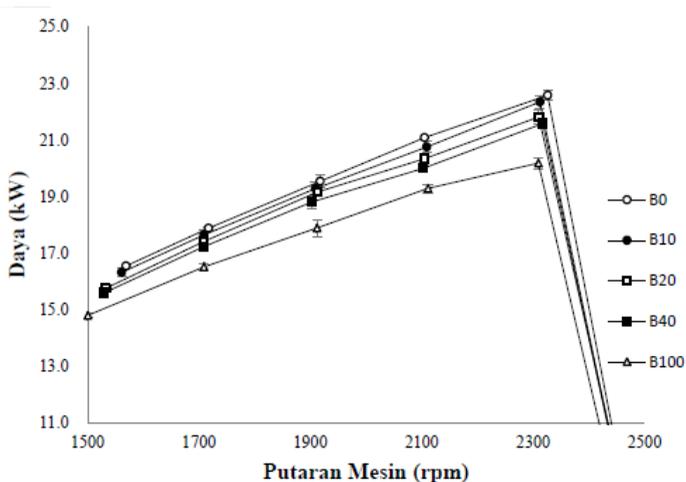
2.5.7.1 Brake Horse Power (BHP) Bahan Bakar

Brake Horse Power (BHP) adalah tenaga yang terdapat pada poros engkol (*crankshaft*) dalam bentuk tenaga putar untuk menggerakkan mesin melalui system penyaluran atau dihubungkan secara langsung. Daya ini dihasilkan dari sifat *prony brake* yang bertindak seolah-olah rem dalam sebuah mesin sehingga daya yang dihasilkan dari poros output sebagai daya rem. Semakin tinggi nilai BHP, maka Semakin tinggi kemampuan sebuah mesin untuk melakukan kerja. Semakin cepat rotasi poros engkol maka semakin besar daya yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pengaruh putaran poros engkol yang terjadi akibat dorongan piston yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dengan udara.

Irvansyah, 2014 meneliti pengaruh campuran solar dengan biodiesel dari residu minyak dalam limbah padat *spent bleaching earth* yang diproduksi secara *in situ* terhadap karakteristik dan kinerja mesin diesel dengan hasil bahwa daya maksimum pada penggunaan bahan bakar solar adalah 22,58 Kw dan untuk biodiesel adalah 20,18 Kw pada 2300 rpm yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Desrial, 2011 juga melaporkan bahwa daya yang dihasilkan dari biodiesel minyak kelapa berkurang sekitar 10,67 % dibandingkan penggunaan solar.

Pada Gambar 2.5 menunjukkan bahwa daya motor menurun dengan bertambahnya tingkat campuran biodiesel dari 10% ke 100%. Hal ini memperlihatkan bahwa bahan bakar tersebut memberikan nilai daya yang lebih rendah dibandingkan solar pada semua taraf pengereman. Nilai daya dipengaruhi oleh nilai torsi dan putaran mesin, semakin tinggi nilai torsi atau putarannya maka nilai daya yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai daya yang menurun pada Gambar 2.5 disebabkan karena semakin banyaknya daya yang hilang dalam bentuk panas sehingga kemampuan mesin

untuk mengatasi beban semakin berkurang. Selain itu, pengurangan kecepatan mesin juga dapat menyebabkan nilai daya berkurang karena pengurangan kecepatan mesin menyebabkan langkah kompresi bahan bakar lambat sehingga suhu udara yang ditekan menurun dan banyak bahan bakar yang terlambat terbakar (Irvansyah, 2014).



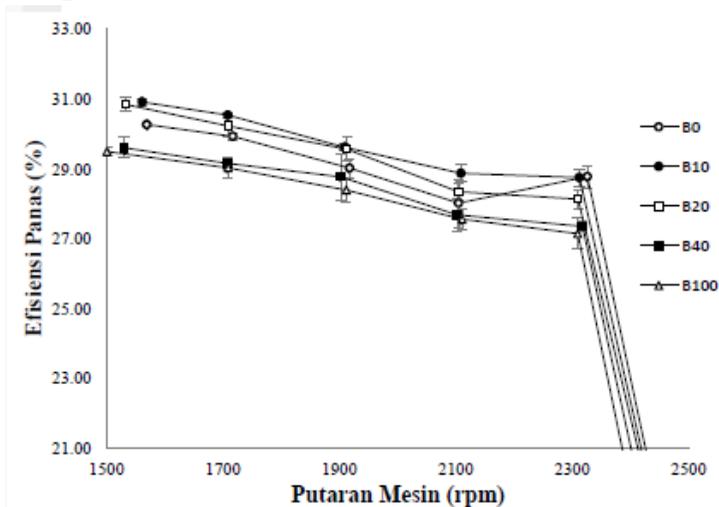
Gambar 2. 5. Grafik Karakteristik Daya Motor pada Berbagai Campuran Bahan Bakar dengan Komposisi Solar : Biodiesel yaitu B0 = 100:0; B10 = 80:20; B20 = 60:40; B40 = 60:40 dan B100 = 0:100 (Irvansyah, 2014)

Penambahan biodiesel pada solar menyebabkan kecenderungan penurunan daya dikarenakan nilai kalor hasil pencampuran biodiesel dan solar yang cenderung turun (Prastyanto dan Sudarmanta., 2012). Selain itu nilai daya yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh nilai viskositas. Viskositas yang tinggi akan menghambat proses atomisasi bahan bakar dan menghambat

proses pembakaran karena bahan bakar dapat membentuk butiran-butiran kabut yang kurang halus (Soerawidjaja dkk., 2005).

2.5.7.2 Efisiensi Termal Bahan Bakar

Efisiensi termal adalah efisiensi pemanfaatan termal dari bahan bakar untuk diubah menjadi kerja mekanis. Efisiensi pada mesin diesel dipengaruhi oleh nilai kalor bahan bakar dan kemampuan mesin mengoptimasi bahan bakar menjadi daya pada poros. Irvansyah, 2014 melaporkan bahwa efisiensi termal pada saat penggunaan daya maksimum menggunakan bahan bakar solar adalah 28,78 % sedangkan biodiesel adalah 27,15 % pada putaran 2300 rpm.



Gambar 2. 6. Grafik Karakteristik Efisiensi Termal pada Berbagai Campuran Bahan Bakar dengan Komposisi Solar : Biodiesel yaitu B0 = 100:0; B10 = 80:20; B20 = 60:40; B40 = 60:40 dan B100 = 0:100 (Irvansyah, 2014)

Gambar 2.6 menunjukkan penurunan efisiensi panas pada penggunaan campuran biodiesel jika dibandingkan dengan solar. Hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai kalor yang terkandung pada bahan bakar (Irvansyah, 2014). Selain itu, efisiensi termal juga dipengaruhi oleh daya dari mesin tersebut. Peningkatan daya yang diikuti penurunan laju konsumsi bahan bakar akan membuat efisiensi panas meningkat dan begitu sebaliknya (Fajar dkk., 2010). Hal ini disebabkan efisiensi termal suatu motor bakar merupakan besarnya pemanfaatan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi kerja mekanis yang dapat ditetapkan melalui daya mesin yang diukur. Sehingga besar dari efisiensi termal dipengaruhi oleh perubahan daya mesin dan perubahan laju bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin tersebut (Murni, 2010).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan berupa padatan Natrium hidroksida (NaOH) 99% merk MERCK, minyak jelantah yang diperoleh dari outlet ayam goreng BFC , metanol 99% *extra pure* merk Fulltime, dan padatan Natrium sulfat (Na₂SO₄). Alat yang digunakan untuk karakterisasi hasil biodiesel adalah GC tipe GCMSD5975C milik Laboratorium Forensik Jawa Timur, Mesin Diesel milik Laboratorium Mesin D3 Teknik Mesin, evaporator, viskometer, piknometer, dan termometer.

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Pembuatan dan Standarisasi Larutan Standar NaOH 0,1 N

Pembuatan larutan standar 0,1 N dilakukan dengan melarutkan 1,001 gram NaOH dalam aquades dalam labu ukur 250 ml hingga tanda batas. Larutan ini digunakan dalam proses titrasi untuk menentukan kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah dan angka asam pada produk biodiesel. Normalitas larutan standar dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$N = \frac{\text{massa NaOH}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{1000 \text{ (ml)}}{\text{volume larutan}} \quad (3.1)$$

Setelah larutan NaOH 0,1 N terbentuk, dilakukan standarisasi dengan larutan asam oksalat. Larutan asam oksalat dibuat dengan melarutkan 0,6310 gram asam oksalat dengan aquades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas. Larutan asam oksalat dimasukkan ke dalam Erlenmeyer sebanyak 5 mL dan diberi 2 tetes indikator PP. Kemudian larutan asam oksalat dititrasi dengan larutan NaOH hingga larutan asam oksalat berubah warna dari merah muda menjadi tidak berwarna. Volume asam oksalat

dicatat dan normalitas NaOH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu :

$$V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} = V_{\text{oksalat}} \times N_{\text{oksalat}} \quad (3.2)$$

3.2.2. Perlakuan Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang didapat dari outlet ayam goreng BFC disaring kertas saring untuk memisahkan minyak jelantah dari endapan.

3.2.3. Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah

Penentuan kadar FFA dilakukan untuk mengetahui kelayakan minyak jelantah untuk memproduksi biodiesel. Kadar FFA yang diperbolehkan untuk membentuk biodiesel dengan reaksi transesterifikasi maksimal 3%. 5 gram minyak jelantah dicampurkan dengan 25 mL etanol netral ke dalam Erlenmeyer. Campuran tersebut dipanaskan hingga larut. Kemudian ditambahkan 2 tetes indikator PP lalu dititrasi dengan NaOH yang telah distandarisasi sebelumnya sampai larutan berubah warna menjadi merah jambu dan bertahan sampai 15 detik. Volume NaOH yang terpakai dicatat dan dihitung hasilnya. Kadar asam lemak bebas (FFA) yang terkandung dalam minyak jelantah dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$\% \text{ FFA} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times \text{Mr asam oleat}}{\text{massa sampel (gr)}} \times 100 \% \quad (3.3)$$

3.2.4. Preparasi Larutan Metoksi

Dilartukan 0,23 gram NaOH (0,5% dari massa minyak jelantah) ke larutan metanol 10,24 gram (perbandingan mol asam oleat : metanol = 1:2) dalam labu leher 3. Larutan kemudian diaduk dengan stirer pada kecepatan 400 rpm hingga padatan NaOH larutan dalam metanol. Maka terbentuk larutan metoksi.

3.2.5. Pembuatan Biodiesel

50 mL (45,15 gram) minyak jelantah dicampurkan dengan larutan metoksi dalam labu leher tiga. Direfluks pada suhu 65°C selama 60 menit dan diaduk dengan stirer dengan kecepatan 800 rpm. Hasil refluks di pindahkan ke corong pisah. Bagian atas merupakan biodiesel sedangkan bagian bawah merupakan gliserol. Dicuci hasil biodiesel dengan air hangat sampai warna air tidak keruh. Ditambahkan natrium sulfat 0,5 gram pada biodiesel yang telah dipisahkan. Diaduk lalu diamkan 5 menit. Disaring biodiesel dari padatan natrium sulfat. Biodiesel tersebut kemudian di evaporasi dengan kecepatan rotasi 150 rpm, suhu evaporasi 95°C, dan waktu evaporasi 3 jam. Dihitung persen hasil biodiesel. Sintesis biodiesel dilakukan dengan variasi waktu 30 dan 90 menit dan prosedur diulangi sebanyak 3 kali.

3.3. Analisis Parameter Uji Biodiesel

3.3.1. Penentuan Persen Hasil Biodiesel

Hasil biodiesel yang terbentuk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Hasil} = \frac{\text{massa biodiesel yang diperoleh}}{\text{massa total minyak}} \times 100\% \quad (3.4)$$

3.3.2. Analisis Titik Nyala

Pengujian titik nyala dilakukan berdasarkan ASTM D93. Pengujian dilakukan dengan cara biodiesel hasil sintesis dituangkan dalam cawan porselen yang bersih dan kering. Termometer digantung dengan ujung termometer tercelup dalam sampel dan tidak menempel pada dasar cawan. Pemanas dinyalakan dengan kenaikan suhu yang konstan. Uji dilakukan dengan menggunakan lidi yang dibakar kemudian dilewatkan pada permukaan sampel hingga muncul api yang membesar. Pembacaan suhu pada termometer ketika terjadi percikan api yang membesar.

3.3.3 Analisis Densitas

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan SNI 04-7182-2015. Pengujian dilakukan menggunakan piknometer yang telah bersih dan kering. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat hasilnya. Biodiesel dipanaskan hingga suhu 40 °C . Piknometer kosong diisi dengan biodiesel kemudian ditutup hingga meluap dan tidak ada gelembung udara. Setelah itu piknometer yang berisi biodiesel ditimbang dan dicatat hasilnya. Densitas biodiesel dapat dihitung dengan persamaan:

$$\rho = \frac{\text{massa}_{\text{pikno+bio}} - \text{massa}_{\text{pikno}}}{\text{volume pikno}} \quad (3.5)$$

$$\rho = \text{kg/m}^3$$

3.3.4 Analisis Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan berdasarkan SNI 04-7182-2015. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat viskometer oswalt. Biodiesel hasil sintesis dipanaskan hingga 40 °C dimasukkan ke dalam tabung viskometer sampai tanda batas. Waktu turunnya biodiesel dalam tabung sampai garis tertentu dicatat. Rumus untuk menghitung viskositas adalah :

$$\eta_{\text{bio}} = \frac{\rho_{\text{bio}} \cdot t_{\text{rata-rata bio}}}{\rho_{\text{air}} \cdot t_{\text{rata-rata air}}} \cdot \eta_{\text{air}} \quad (3.6)$$

$$\eta = \text{viskositas (cSt)}$$

3.3.5 Analisis Bilangan Asam

Pengujian bilangan asam berdasarkan pada SNI 04-7182-2015. Pengujian bilangan asam ini bertujuan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas yang terdapat pada biodiesel dan ditentukan dengan metode titrasi alkalimetri. 5 gram biodiesel dicampur dengan 13 mL etanol netral. larutan tersebut dipanaskan

hingga biodiesel larut sempurna. kemudian ditambah 2 tetes indikator PP. Campuran dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai larutan berwarna merah jambu dan bertahan selama 15 detik. Larutan standar NaOH yang terpakai dihitung dan dicatat hasilnya. Penetapan bilangan asam menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V_{\text{NaOH}} (\text{mL}) \times N_{\text{NaOH}} \times Mr_{\text{NaOH}}}{\text{massa sampel (g)}} \quad (3.7)$$

$$\text{Bilangan Asam} = \text{mg NaOH/g}$$

3.3.6. Analisis Uji Kalor

Analisis uji kalor dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

3.4. Analisis Biodiesel dengan GC-MS

Analisis biodiesel menggunakan GC-MS untuk mengetahui jumlah kadar metil ester yang terdapat dalam biodiesel. Kondisi penggunaan GC-MS untuk analisis biodiesel sebagai berikut :

1. Inlets

Jumlah Suntikan : 1 μL

Suhu Pemanas : 250 °C

2. Kolom

Jenis Kolom : Agilent HP5 MS

Panjang Kolom : 60 m

Aliran Helium : 20 mL / menit

3. Oven

Suhu Awal : 50°C

Hold Time : 5 menit pada 130°C

Suhu Akhir : 300°C

Rate : 20°C/menit pada 50°C-130°C

5 °C/menit pada 130°C-260°C

2,5 °C/menit pada 260°C-300°C

4. Detektor

Jenis Detektor : Mass Spectrometer

3.5. Analisis Peforma Bahan Bakar pada Mesin Diesel

Analisis dilakukan di Laboratorium Mesin di Departemen D3 Teknik Mesin ITS.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah disintesis biodiesel dari minyak jelantah hasil penggorengan ayam dan metanol dengan katalis NaOH menggunakan metode refluks pada suhu 65 °C, perbandingan mol minyak : metanol adalah 1:2 dan massa katalis 0,5 % terhadap massa minyak jelantah. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah waktu reaksi yaitu 30, 60 dan 90 menit dengan dilakukan 3 kali pengulangan setiap variasinya. Pada awalnya, minyak jelantah ditentukan kadar FFAnya terlebih dahulu sebelum direaksikan dengan metanol. Penambahan Natrium sulfat dilakukan terhadap semua hasil biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi titik nyala, analisis densitas, analisis bilangan asam, densitas dan viskositas. Selain itu, dilakukan uji dengan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) untuk mengetahui kandungan kadar metil ester pada hasil biodiesel dan dianalisis nilai kalor dari biodiesel menggunakan bom kalorimeter.

4.1. Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah

Penentuan kadar FFA bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah hasil penggorengan ayam sehingga dapat ditentukan kelayakan minyak jelantah tersebut untuk memproduksi biodiesel. Metode ini menggunakan titrasi NaOH yang telah distandarisasi.

NaOH yang telah distandarisasi kemudian digunakan untuk menentukan kadar FFA minyak jelantah. Sebanyak 10 gram minyak jelantah dilarutkan dalam 50 mL etanol netral di dalam Erlenmeyer. Etanol netral berfungsi untuk melarutkan asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak tanpa mengubah pH dari minyak itu sendiri. Setelah itu, larutan tersebut ditambahkan

indikator PP dan kemudian di titrasi dengan NaOH. Indikator PP digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan titik ekuivalen dari titrasi dengan ditandai adanya perubahan warna dari warna kekuningan menjadi merah muda seperti yang ditunjukkan Gambar 4.2. Volume NaOH rata-rata yang digunakan untuk titrasi adalah 1,1 mL. Kemudian dilakukan perhitungan kadar FFA dengan menggunakan persamaan 3.3 yang dapat dilihat pada Lampiran B. Kadar FFA dari minyak jelantah adalah 0,5251 %. Hal ini sesuai dengan penelitian Lotero dkk. (2005) yang menyatakan kadar FFA masih pada rentang 0,5-1% sehingga pembuatan biodiesel hanya melewati reaksi transesterifikasi

4.2. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah

Sintesis biodiesel dari minyak jelantah diawali dengan preparasi minyak jelantah. Preparasi minyak jelantah ini diawali dengan penyaringan minyak yang bertujuan untuk memisahkan minyak dari pengotor atau endapan. Selanjutnya, minyak dipanaskan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada minyak. Menurut Liu (1994) dan Basu dan Norris (1996), kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan reaksi berubah menjadi saponifikasi, dimana menyebabkan pengurangan metil ester yang terbentuk, sulitnya memisahkan gliserol dari metil ester, kenaikan viskositas dan pembentukan emulsi. Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan metoksi.

Pembuatan larutan metoksi yaitu NaOH dimasukkan ke dalam larutan metanol dan distirer dengan kecepatan 400 rpm. Menurut Lotero dkk. (2005), pembuatan larutan metoksi ini bertujuan untuk membentuk ion alkoksida sebagai nukleofilik untuk menyerang ikatan karbonil yang terdapat pada trigliserida di minyak. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan biodiesel yaitu minyak jelantah dicampurkan pada larutan metoksi dalam labu

leher tiga dan direfluks pada suhu $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama variasi waktu yang ditentukan serta distirer dengan kecepatan pengadukan 800 rpm. Gambar 4.1. merupakan rangkaian alat refluks sintesis biodiesel dari minyak jelantah.



Gambar 4. 1. Rangkaian Alat Refluks

Setelah proses refluks selesai, campuran di pindahkan ke corong pisah untuk memisahkan fasa yang terbentuk. Gambar 4.2. merupakan Gambar fasa yang terpisah pada corong pisah. Lapisan pertama (fasa atas) merupakan lapisan metil ester dimana biodiesel terbentuk dan lapisan kedua (fasa bawah) merupakan lapisan gliserol. Pembentukan lapisan ini disebabkan karena adanya perbedaan massa jenis dimana massa jenis biodiesel ($850\text{-}890\text{ kg/m}^3$) lebih rendah dibanding massa jenis gliserol (1260 kg/m^3).

Setelah dipisahkan dari corong pisah, biodiesel dicuci dengan air hangat hingga warna air tidak keruh kembali. Menurut Lopez dkk. (2009), pencucian dengan air hangat berfungsi untuk mencegah presipitasi metil ester jenuh dan pembentukan emulsi.



Gambar 4. 2. Dua Fasa pada Corong Pisah

Biodiesel kemudian ditambahkan natrium sulfat (Na_2SO_4). Menurut Karaosmanoglu dkk. (1996), penambahan ini bertujuan untuk menarik sisa air yang masih tersisa pada biodiesel. Setelah itu, biodiesel dievaporasi dengan evaporator agar didapatkan biodiesel yang murni. Biodiesel yang terbentuk berwarna kuning jernih seperti Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. (Kiri) Minyak Jelantah dan (Kanan) Biodiesel yang Terbentuk

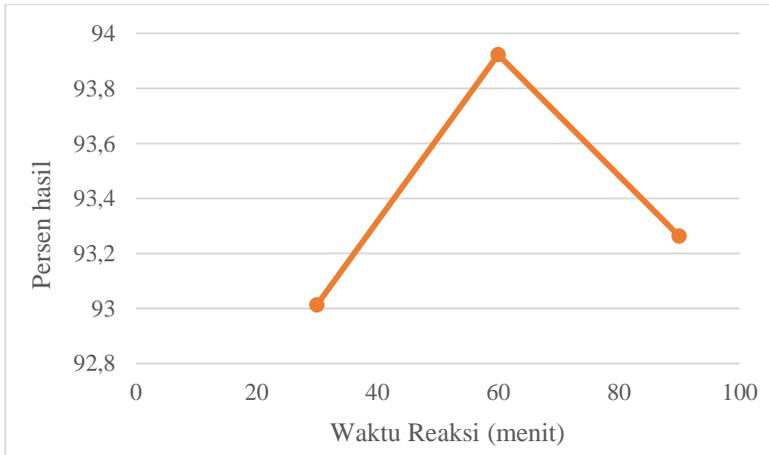
Sintesis biodiesel dengan katalis basa diawali dengan reaksi antara metanol dengan katalis basa menghasilkan ion alkoksida yang berfungsi sebagai nukleofilik. Ion ini kemudian menyerang karbonil pada rantai minyak. Setelah itu terjadi penataan ulang pada ikatan-ikatan di trigliserida membentuk metil ester dan katalis basa.

4.3. Hasil Analisis Parameter Biodiesel

4.3.1. Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Persen Hasil Biodiesel

Waktu transesterifikasi berpengaruh pada kecepatan reaksi pembentukan metil ester yang akan dihasilkan (Suryanto dkk., 2015). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa reaksi pembentukan biodiesel menggunakan metanol dan katalis alkali menyatakan bahwa reaksi yang dibutuhkan antara 1-4 jam (Tomasevic and Siler-Marinkovic, 2003). Pada penelitian ini variasi waktu yang digunakan adalah 30, 60 dan 90 menit. Hasil persen hasil terhadap pengaruh waktu ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4. menunjukkan bahwa semakin cepat waktu reaksi maka biodiesel yang dihasilkan semakin banyak. namun terjadi penurunan pada waktu 90 menit. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi balik (*reversible*) dari transesterifikasi yang menyebabkan terbentuknya sabun sehingga waktu reaksi yang semakin lama tidak menjamin akan menghasilkan produk yang lebih banyak. Maka penelitian ini memiliki waktu optimum pembentukan biodiesel 60 menit. Berdasarkan penelitian persen hasil tertinggi diperoleh pada waktu transesterifikasi 60 menit yaitu 93,92%.

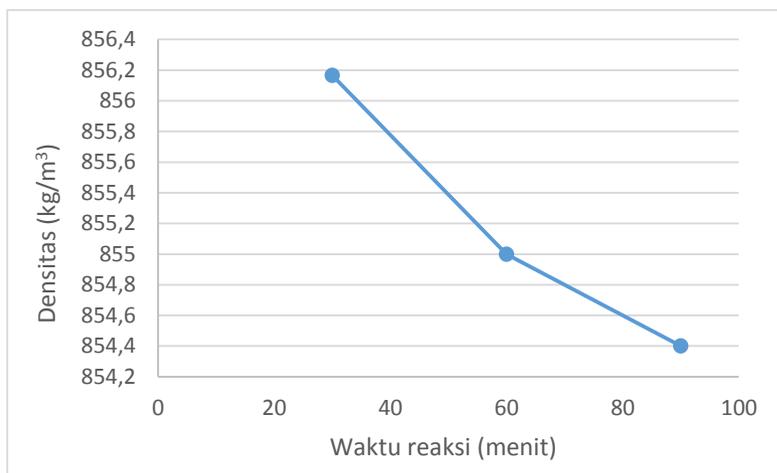


Gambar 4. 4. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Persen Hasil Biodiesel

4.3.2. Pengaruh Waktu terhadap Densitas Biodiesel

Densitas perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Pada penelitian ini dianalisis densitas biodiesel dari variasi waktu. Hasil analisis densitas variasi waktu reaksi pembentukan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5. menunjukkan bertambah waktu reaksi menyebabkan densitas semakin turun. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan metil ester semakin bertambah. Densitas dari biodiesel yang dihasilkan berkisar $854,4-856,17 \text{ kg/m}^3$. Hal ini sesuai dengan standar SNI untuk densitas dari biodiesel yang berkisar $850-890 \text{ kg/m}^3$, Sehingga biodiesel dari minyak jelantah ini memenuhi standar SNI untuk densitas biodiesel.

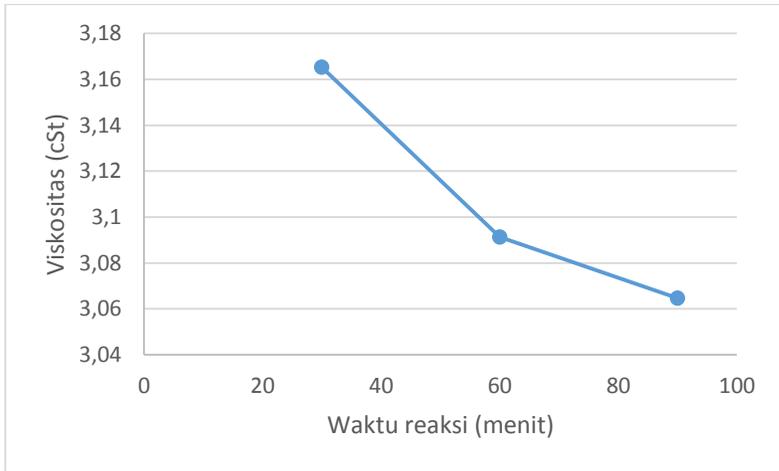


Gambar 4. 5. Grafik Hubungan Waktu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel

4.3.3. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel

Viskositas pada biodiesel berdasarkan SNI bernilai 2,3-6 cSt. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pompa injeksi bahan bakar, namun jika terlalu tinggi menyebabkan injeksi bahan bakar terlalu cepat dan menyulitkan proses pengabutan bahan bakar. Hasil analisis viskositas pada variasi waktu reaksi pembentukan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Berdasarkan Gambar 4.6., nilai viskositas semakin turun saat waktu reaksi dinaikkan. Hal ini disebabkan karena pengkonversian minyak jelantah menjadi biodiesel semakin meningkat. Nilai viskositas biodiesel pada semua variasi waktu yaitu 3,0647-3,1653 cSt. Hasil viskositas ini sesuai dengan standar SNI sehingga biodiesel ini sesuai dengan standar SNI.

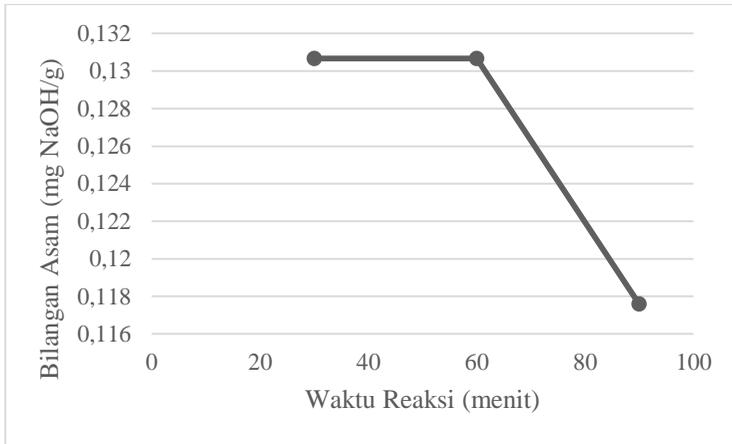


Gambar 4. 6. Grafik Hubungan Viskositas terhadap Waktu Reaksi

4.3.4. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Bilangan Asam Biodiesel

Menurut penelitian Tariq dkk. (2011), bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung didalam biodiesel yang berpengaruh pada sifat korosi terhadap mesin. Pada penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa semakin kecil bilangan asam pada biodiesel, semakin baik kualitas biodiesel. Berdasarkan standar SNI, bilangan asam yang diperbolehkan maksimal 0,5 mg NaOH/g. Hasil analisis bilangan asam terhadap biodiesel dari semua variasi waktu ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Berdasarkan Gambar 4.7., semakin lama waktu reaksi maka semakin rendah bilangan asam yang terkandung di dalam biodiesel. Bilangan asam dari biodiesel tersebut memiliki nilai 0,117-0,130 mg NaOH/g yang sesuai dengan standar SNI

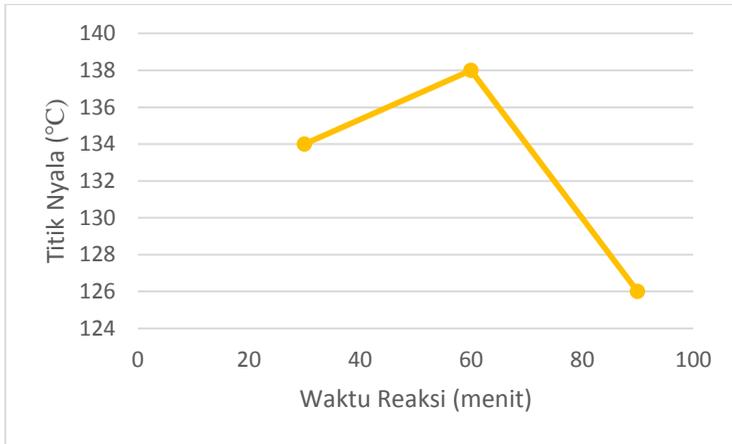


Gambar 4. 7. Grafik Hubungan Bilangan Asam terhadap Waktu Reaksi

4.3.5. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Titik Nyala Biodiesel

Titik nyala menyatakan suhu terendah dari suatu bahan untuk menghasilkan percikan api. Titik nyala yang tinggi memudahkan karena bahan bakar tidak mudah terbakar. Titik nyala api menurut standar SNI minimal 100°C. Hasil analisis titik nyala biodiesel pada semua variasi waktu ditunjukkan pada Gambar 4.8.

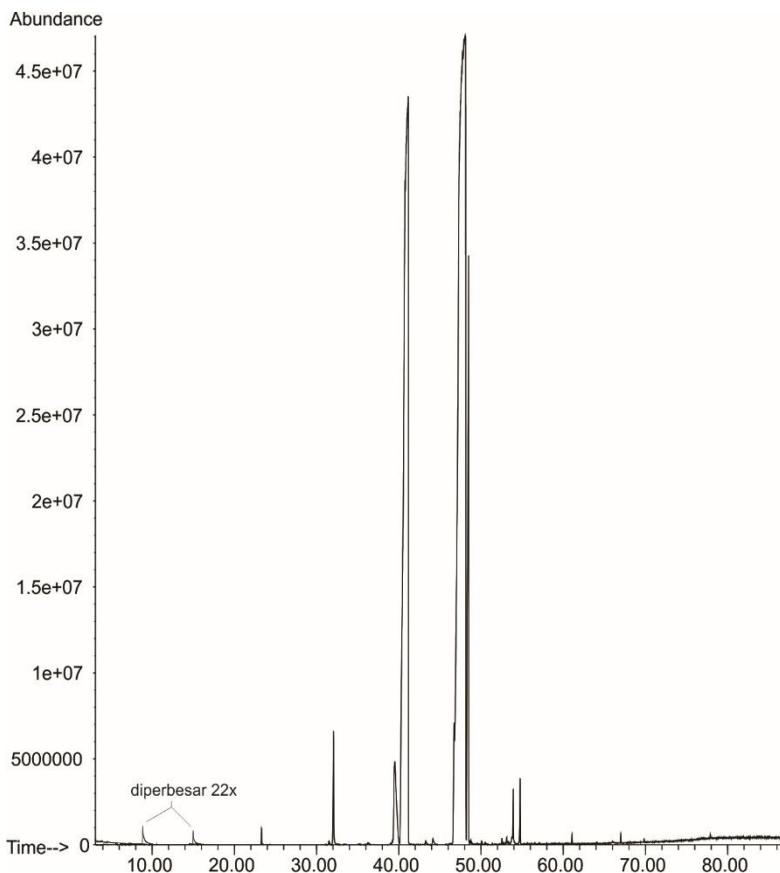
Berdasarkan Gambar 4.8., terdapat kenaikan titik nyala pada waktu 30 menit menuju 60 menit. namun terjadi penurunan titik nyala pada waktu reaksi 90 menit. titik nyala api dari biodiesel semua variasi memiliki rentang 122-138 °C. Perbedaan yang terjadi dalam titik nyala api tersebut dapat dikarenakan masih adanya pengotor pada biodiesel seperti sisa katalis dan gliserol. Berdasarkan penelitian, titik nyala dari variasi waktu 60 menit paling tinggi yaitu 138°C yang memenuhi kriteria standar SNI



Gambar 4. 8. Grafik Hubungan Titik Nyala terhadap Waktu Reaksi

4.3.6. Analisis Kromatografi Gas

Analisis kromatografi gas dilakukan untuk mengetahui komposisi metil ester yang terkandung dalam biodiesel. Terdapat 32 puncak kromatogram yang terdeteksi pada kromatografi gas ditunjukkan pada Gambar 4.9. Metil ester yang teridentifikasi dibandingkan dengan standar dan membandingkan data waktu retensi masing-masing yang dikonfirmasi dengan analisis spektrometri massa dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 9. Kromatogram dari Analisa Kromatografi Gas Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH

Berdasarkan Tabel 4.1., terdapat kandungan 13 jenis rantai jenuh dan 9 jenis metil ester rantai tak jenuh pada biodiesel hasil sintesis menggunakan minyak jelantah. Kandungan metil ester pada biodiesel sebesar 99,50%. Hal ini sesuai dengan standar SNI untuk kadar metil ester minimal 96,50%. Kandungan metil ester

terbanyak pada biodiesel ini adalah metil oleat yang memiliki kadar 56,33%. Menurut Suirta (2009), kandungan metil arakhidat pada biodiesel dari minyak jelantah ini disebabkan dari asam lemak hewani (Suirta, 2009).

Tabel 4. 1. Hasil Kromatografi Gas

Senyawa	Jumlah karbon	Massa molekul	Waktu retensi	Jumlah (%)
Metil oktanoat	C8:0	158,24	8,883	0,01
Metil dekanoat	C10:0	186,27	15,011	0,00
Metil laurat	C12:0	214,35	23,308	0,08
Metil miristoleat	C14:1	240,39	31,514	0,04
Metil miristat	C14:0	242,41	32,063	0,74
Metil pentadekanoat	C15:0	256,42	36,229	0,03
Metil palmitoleat	C16:1	268,44	39,519	2,12
Metil palmitat	C16:0	270,46	40,766	13,85
Metil palmitat	C16:0	270,46	41,144	18,62
Metil heptadekanoat	C17:0	284,48	43,284	0,05
Metil heptadekanoat	C17:0	284,48	44,142	0,08
Metil linolenat	C18:3	292,46	46,139	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	46,734	1,08
Metil oleat	C18:1	296,51	47,793	38,23
Metil oleat	C18:1	296,51	48,05	13,85
Metil oleat	C18:1	296,51	48,102	4,25
Metil stearat	C18:0	298,51	48,485	5,48
Metil linoleat	C18:2	294,51	48,765	0,02

Metil linoleat	C18:2	294,51	48,851	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	48,971	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	49,555	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	50,076	0,03
Metil arakhidat	C20:0	326,57	52,542	0,03
Metil eicosatrinoat	C20:3	320,52	53,126	0,05
Metil linoleneat	C18:3	292,46	58,332	0,02
Metil eicosadionat	C20:2	322,53	53,738	0,03
Metil arakhidat	C20:0	326,57	53,789	0,03
Metil arakhidat	C20:0	326,57	53,927	0,29
Metil arakhidat	C20:0	326,57	54,751	0,34
Metil behenat	C22:0	354,62	61,073	0,05
Metil trikosanoat	C23:0	368,65	64,095	0,01
Metil lignoserat	C24:0	382,68	67,007	0,05
%Total ester				99,5

4.3.7. Analisis Hasil Performa Pada Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% dalam Solar Dex

Analisis performa dengan mesin diesel dilakukan pada bahan bakar solar dex, biodiesel yang memiliki yield tertinggi tanpa dicampur solar dex (Biodiesel 100%), dan biodiesel 10% dalam solar dex (Biodiesel 10%). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi dan *Brake Horse Power* (BHP). 3 jenis bahan bakar tersebut dianalisis sifat fisik dan nilai kalor terlebih dahulu yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Sifat Fisik dari Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, Biodiesel 10%

Bahan bakar	Viskositas (cSt)	Densitas (kg/m ³)	Titik Nyala (°C)	Nilai Kalor (kal/g)
Solar Dex	4,5	860	55	10.710,89
Biodiesel 100%	3,097	856,63	138	9.494
Biodiesel 10%	1,882	819,03	76	10.882

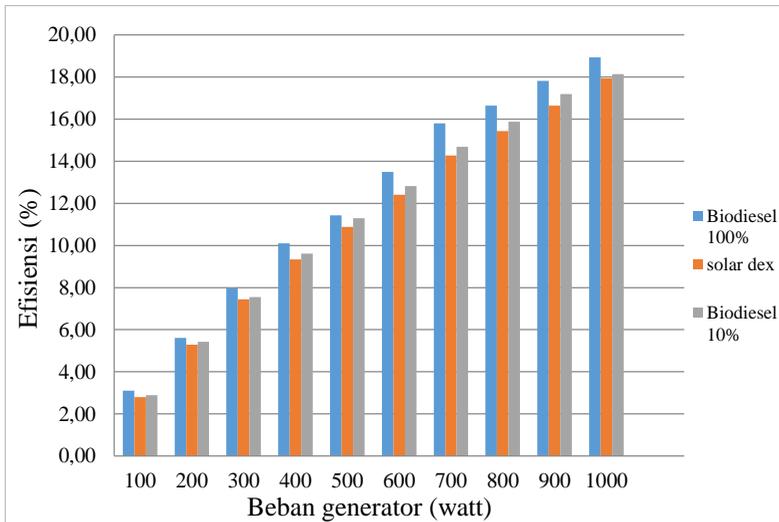
4.3.7.1. Nilai Kalor Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% dalam Solar Dex

Nilai kalor pembakaran menyatakan angka yang menyatakan jumlah panas/kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor untuk solar dex adalah 10.710,89 kal/g . Sementara nilai kalor Biodiesel 100% sebesar 9.494 kal/g dan biodiesel 10% sebesar 10.822 kal/g. Hasil ini menunjukkan bahwa biodiesel 10% memiliki nilai kalor paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh pencampuran ke dalam solar dex yang menyebabkan nilai kalor semakin tinggi.

4.3.7.2. Analisis Efisiensi pada Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% dalam Solar Dex

Nilai efisiensi dari suatu bahan bakar berhubungan dengan *Low Heat Value* (LHV). LHV merupakan banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar dan sebagian dimanfaatkan untuk penguapan sehingga kandungan air pada bahan bakar akan habis. Bahan bakar yang memiliki efisiensi yang besar jika nilai LHV kecil. Hal ini berhubungan dengan bahan bakar cepat menguap atau tidak. Hasil analisis efisiensi 3 jenis bahan bakar ditunjukkan Gambar 4.10.

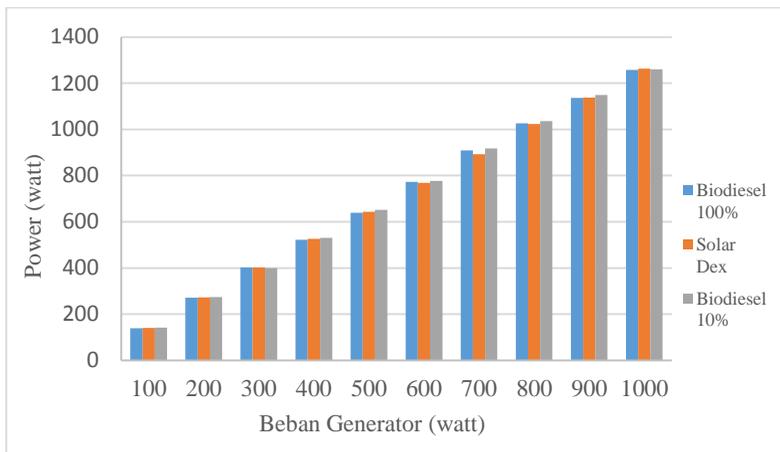
Berdasarkan Gambar 4.10, nilai efisiensi pada setiap bahan bakar mengalami kenaikan setiap beban generator dinaikan. Efisiensi tertinggi didapat oleh bahan bakar biodiesel 100% dalam solar dex sebesar 18,94% dengan beban 1000 watt. Sedangkan nilai efisiensi terendah didapat oleh bahan bakar solar dex sebesar 2,80% dengan beban 100 watt. Hal ini disebabkan nilai LHV dari biodiesel 39749,48 kj/kg sedangkan nilai LHV dari solar dex dan biodiesel 10% yaitu 44844 kj/kg dan 45309,55 kj/kg. Nilai LHV berbanding terbalik dengan efisiensi.



Gambar 4. 10. Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm

4.3.7.3. Analisis *Brake Horse Power* (BHP) pada Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% dalam Solar Dex

Brake Horse Power (BHP) berkaitan dengan nilai efisiensi termis bahan bakar. Hasil analisis BHP ditunjukkan pada Gambar 4.11. Berdasarkan Gambar 4.11, nilai BHP semakin tinggi ketika beban generator dinaikkan. Nilai BHP terbesar pada bahan bakar solar dex sebesar 1263,07 watt dengan beban generator 1000 watt. Sedangkan nilai BHP terkecil pada bahan bakar biodiesel 100% sebesar 139,49 watt dengan beban generator 100 watt.



Gambar 4. 11. Perbandingan Nilai *Brake Horse Power* (BHP) Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah telah disintesis dengan katalis NaOH menggunakan metode refluks pada suhu 65°C, perbandingan mol minyak : metanol 1:2 dan massa katalis 0,5 % terhadap massa minyak jelantah. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah waktu reaksi yaitu 30, 60 dan 90 dengan dilakukan 3 kali pengulangan setiap variasinya. Berikut ini adalah beberapa poin hasil analisis dari sintesis biodiesel.

1. Persen hasil biodiesel tertinggi pada variasi waktu 60 menit sebesar 93,92%.
2. Densitas, viskositas dan bilangan asam semakin turun ketika waktu reaksi dinaikkan.
3. Titik nyala biodiesel tertinggi pada variasi waktu reaksi 60 menit 138°C.
4. Hasil GC-MS biodiesel menunjukkan kandungan metil ester sebesar 99,5% dengan kandungan terbesar yaitu metil oleat sebesar 56,808%.
5. Nilai kalor tertinggi diperoleh biodiesel 10% dalam solar dex yaitu 10.822 kal/g.
6. Nilai *Brake Horse Power* (BHP) tertinggi diperoleh bahan bakar solar dex putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt yaitu 1263,068 watt.
7. Nilai efisiensi tertinggi yaitu bahan bakar biodiesel 100% pada putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt yaitu 18,94%.

5.2.Saran

Perlu dilakukan analisis parameter dari biodiesel yang lain meliputi angka setana, titik kabut, residu karbon, kadar air dan sedimen, kadar gliserol, kadar abu, kadar sulfur.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhassan, F.H., Yunus, R., Rashd, U., Sirat, K., Islam, A., Lee, H.V., Taufiq-Yap, Y.H. 2013. Production of biodiesel from Mixed Waste Vegetable Oils Using Ferric Hydrogen Sulphate as An Effective Reusable Heterogeneous Solid Acid Catalyst. *Applied Catalysis A : General*. 456, 182-187
- Amani, H., Asif, M., Hameed, B.H. 2016. Transesterification of Waste Cooking Palm Oil and Palm Oil to Fatty Acid Methyl Ester using Cesium-Modified Silica Catalyst. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 58, 226-234
- Argawal, M., Chauhan, G., Chaurasia, S.P., Singh, K. 2012. Study of Catalytic Behavior of KOH as Homogeneous and Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 43, 89-94
- Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Aziz, A.R.A., Sulaiman, N.M.N. The effects of catalysts in biodiesel production: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 19. 14-26
- Aziz, I., Nurbayti, Siti., Ulum, B. 2011. Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Valensi*. 2. 443-448
- Banerjee, A., Chakraborty, R., 2009. Parametric sensitivity in transesterification of waste cooking oil for biodiesel production—A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 53, 490–497. doi:10.1016/j.resconrec.2009.04.003
- Basu, H.N., Norris, M.E. 1996. Process for Production of Esters for Use as A Diesel Fuel Substitute Using a Non-Alkaline Catalyst. *US Patent 5525126*
- Duarte, J.G., Leone-Ignacio, K., da Silva, J.A.C., Fernandez-Lafuente, R., Freire, D.M.G., 2016. Rapid determination of the synthetic activity of lipases/esterases via transesterification and esterification zymography. *Fuel* 177, 123–129. doi:10.1016/j.fuel.2016.02.079

- Desrial. 2011. Effect of blending ratio of cocodiesel (CME) on diesel engine performance. IPB Repository
- Ehsan, Md., Chowdhury, M.T.H. 2015. Production of Biodiesel using Alkaline Based Catalysts from Waste Cooking Oil : A Case Study. 105, 638-645
- Enweremadu, C.C., Mbarawa, M.M. 2009. Technical Aspects of Production and Analysis of Biodiesel from used Cooking Oil-A review. *Jurnal of Renewable and Sustainable Energy*. 13 : 2205 – 2224
- Evy, S., Edwar, F. 2012. Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Jurnal Riset Industri*. 2, 117-127
- Fadhil, A.B., Bakir, E.T., 2011. Production of Biodiesel from Chicken Frying Oil. *Pak. J. Anal. Environ. Chem*. 12, 7.
- Fajar B, Suryo T, Murni. 2010. Perbandingan Pengaruh Temperatur Solar Dan Biodiesel Terhadap Performa Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Unwahas*. 1(1).
- Filho, S.C., Silva, T.A.F., Miranda, A.C., Fernandes, M.P.B., Felício, H.H. (Eds.), 2014. The Potential of Biodiesel Production from Frying Oil Used in the Restaurants of São Paulo city, Brazil. *Ital. Assoc. Chem. Eng., Chemical engineering transactions* 37, 1–7.
- Freedman, B.E.H., Mounts, T.I. (1984). Variable Affecting Yields of Fatty Esters from Transesterifies Vegetable Oils. *J. Am.Oil Chem. Soc*. 61. 1638-1643
- Gardy, J., Hassanpour, A., Lai, X., Ahmed, M.H., 2016. Synthesis of Ti(SO₄)₂O solid acid nano-catalyst and its application for biodiesel production from used cooking oil. *Appl. Catal. Gen*. 527, 81–95. doi:10.1016/j.apcata.2016.08.031
- Gerhard, N.S., Cea, M., Risco, V., Navia, R. 2015. In situ Biodiesel Production from Greasy Sewage Sludge using Acid and Enzymatic Catalysts. *Bioresource Technology*. 179, 63-70

- Gerpen, V.J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., Knothe, G.. 2004. Biodiesel Analytical Method. Subcontractor report. National Renewable Energy.
- Glisic, S.B., Orlović, A.M., 2014. Review of biodiesel synthesis from waste oil under elevated pressure and temperature: Phase equilibrium, reaction kinetics, process design and techno-economic study. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 31, 708–725. doi:10.1016/j.rser.2013.12.003
- Goering, C.E., Schwab, A.W., Daugherty, M.J., Pryde, E.H., Heakin, A.J. (1982). Fuel Properties of Elven Vegetable Oils. *Trans ASAE.* 85, 1472-1483
- Goering CE, AC Hansen. 2004. Engine and Tractor Power. Amerika Serikat (US): *American Soc.*
- Gui, M.M., Lee, K.T., Bhatia, S. 2008. Feasibility of Edible Oil vs Non-edible Oil vs Waste Edible Oil as Biodiesel Feedstock. *Energy.* 33. 1646-1653.
- Haas, M.J. 2005. Improving the Economics of Biodiesel through the Use of Low Value Lipids as Feedstock : Vegetable Oil Soapstock. *Fuel Process Tech nol.* 86, 1087-1096
- Handayana S. 2006. *Kimia Pemisahan.* Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi.* Gadjah Mada University Press : Yogyakarta
- Irvansyah, M.B. 2014. Pengaruh Campuran Solar dengan Biodiesel dari Residu Minyak dalam Limbah Padat *Spent Bleaching Earth* yang Diproduksi secara *In Situ* terhadap Karakteristik dan Kinerja Mesin Diesel. *Skripsi.* Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Karaosmanoglu, F., Cigizoglu, K.B., Tuter, M., Ertekin, S. 1996. Investigation of the Refining Step of Biodiesel Production. *J. Energy Fuels.* 10, 890-895
- Kaya, C., Hamamci, C., Baysal, A., Akba, O., Erdogan, S., Saydut, A., 2009. Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed

- oil as a potential feedstock for biodiesel production. *Renewable Energy*. 34. 1257-1260
- Kusdianto, +Heri, 2016. 5 Franchise Fried Chicken Murah Terlaris [WWW Document]. *Pojok Bisnis*. URL <http://www.pojokbisnis.com/franchise/5-franchise-fried-chicken-murah-terlaris> (accessed 6.8.17).
- Laksono, T., 2013. Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH serta Rasio Lemak dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Universitas Hasanudin, Makasar.
- Leung, D.Y.C., Wu, X., Leung, M.K.H., 2010. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy* 87, 1083–1095. doi:10.1016/j.apenergy.2009.10.006
- Liu, K.S. 1994. Preparation of Fatty Acid Methyl Esters for Gas Chromatographic Analysis of Lipids in Biological Materials. *J. AM Oil Chem Soc.* 71, 1179-1187
- Lopez, J.M., Gomez, A., Aparicio, F., Sachez, J. 2009. Comparison of GHG Emissions from Diesel, Biodiesel and Natural Gas Refuse Trucks of the City of Madrid. *J. Appl. Energy*. 86, 610-615
- Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., & Goodwin, J.G., Jr., 2005. Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 44(14), 5353-5363.
- Mahreni., Sulistyawati, E. 2011. Pemanfaatan Kulit telur sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. 26 Juli 2011. ISSN : 1411-4216
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., Wang, C.-H., 2016. Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. *Energy Convers. Manag.* 123, 487–497.
- Mathur, M.L., Sharma, R.P. 1980. *A Course Internal Combustion Engine*. Nai Sarak Delhi : Dhanpat Rai and Sons

- McNair., Bonelli E.J. 1988. *Dasar kromatografi Gas*. Bandung : ITB press.
- Meng, X., Chen, G., Wang, Y., 2008. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. *Fuel Process. Technol.* 89, 851–857. doi:10.1016/j.fuproc.2008.02.006
- Murni M. 2010. Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Biodiesel Minyak Sawit Terhadap Performansi Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan. [disertasi]. Universitas Diponegoro
- Pakpahan, J.F., Tambunan, T., Harimby, A., Ritonga, M.Y., 2013. Pengurangan FFA dan warna dari minyak jelantah dengan adsorben serabut kelapa dan jerami. *J. Tek. Kim. USU* 2.
- Patil, P.D., Deng, S. 2009. Optimization of Biodiesel Production from Edible and Non Edible Vegetables Oils. *Fuel*. 88. 302-306
- Perego C., Villa P. 1997. Catalyst Preparation Methods. *Catalysis Today*., 34, 281-305.
- Phan, A.N., Phan, T.M., 2008. Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel* 87, 3490–3496. doi:10.1016/j.fuel.2008.07.008
- Piker, A., Tabah, B., Perkas, N., Gedanken, A. 2016. A Green and Low Cost Room Temperature Biodiesel Production Method From Waste Oil using Egg Shells as Catalyst. *Fuel*. 182, 34-41
- Prastyanto B, Sudarmanta B. 2012. Pengaruh penambahan biodiesel dari minyak biji nyamplung (*C. inophyllum*) pada bahan bakar solar terhadap hasil uji unjuk kerja mesin diesel generator. *J Tek Pomits*. 1(1):1-6.
- Rahayu, M. 2005. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel* . Prospek Pengembangan Biofuel sebagai Substansi Bahan Bakar Minyak
- Ramkumar, S., Kirubakaran, V., 2016. Biodiesel from vegetable oil as alternate fuel for C.I engine and feasibility study of thermal cracking: A critical review. *Energy Convers.*

- Manag. 118, 155–169.
doi:10.1016/j.enconman.2016.03.071
- Sahoo, P.K., Das, L. M. 2009. Process Optimization for Biodiesel Production from *Jatropha*, *Karanja* and *Polanga* Oils. *Fuel*. 88, 1588-1594
- Singh, S.P., Singh, D. 2009. Biodiesel Production through the Use of Different Sources and Characterization of Oils and their Esters as the Substitute of Diesel : A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, 200-216
- Soerawidjaja TH, T Adrisman UW. Siagian T, Prakoso IK, Reksowardojo KS, Permana. 2005. *Studi Kebijakan Penggunaan Biodiesel di Indonesia*. Di dalam P Hariyadi N. Andarwulan L, Nuraida Y, Sukmawati, editor. *Kajian Kebijakan dan Kumpulan Artikel Penelitian Biodiesel*. Kementerian Ristek dan Teknologi RI – MAKSI IPB Bogor.
- Soltani, S., Rashid, U., Robiah, Y., Taufiq-Yap, Y. 2016. Biodiesel Production in the Presence of SULfonated Mesoporous ZnAl₂O₄ Catalyst via Esterification of Palm Fatty Acid Distillate (PFAD). *Fuel*. 178, 253-262
- Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006 tentang Biodiesel. Badan Standarisasi Nasional
- Suirta, I.W., 2009. Preparasi biodiesel dari minyak jelantah kelapa sawit. *J. Kim*. 3.
- Suryanto, A., Suprpto, S., Mahfud, M., 2015. Production Biodiesel from Coconut Oil Using Microwave: Effect of Some Parameters on Transesterification Reaction by NaOH Catalyst. *Bull. Chem. React. Eng. Catal*. 10. doi:10.9767/bcrec.10.2.8080.162-168
- Tan., Y.H., Abdullah, M.O., Hipolito, C.N., Taufiq-Yap, Y.H. 2015. Waste Ostrich- and Chicken-Eggshells as Heterogeneous Base Catalyst for Biodiesel Production from Used Cooking Oil : Catalyst Charracterization and Biodiesel Yield Performance. *Applied Energy*. 160, 58-70

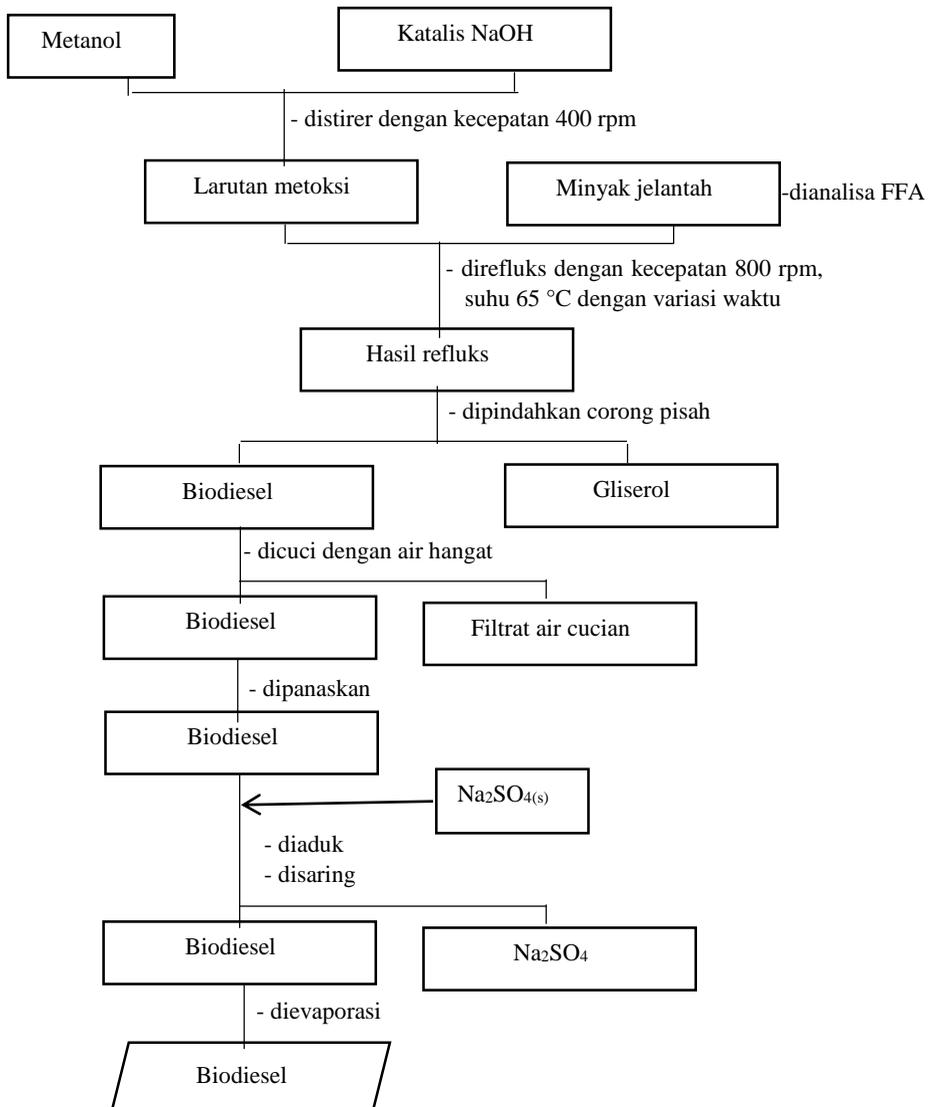
- Tariq, M., Ali, S., Ahmad, F., Ahmad, M., Zafar, M., Khalid, N., Khan, M.A., 2011. Identification, FT-IR, NMR (¹H and ¹³C) and GC/MS studies of fatty acid methyl esters in biodiesel from rocket seed oil. *Fuel Process. Technol.* 92, 336–341. doi:10.1016/j.fuproc.2010.09.025
- Tazi, I., Sulistiana. 2011. Uji Kalor Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Neutrino.* 2, 163-173
- Thomas J.M., Thomas W.J. 1997. *Principle and Practise of Heterogeneous Catalysis.* New York : VC Publishers Inc.
- Tomasevic, A.V., Siler-Marinkovic, S.S., 2003. Methanolysis of used frying oil. *Fuel Process. Technol.* 81, 1–6. doi:10.1016/S0378-3820(02)00096-6
- Wang, J.Z., Chen, K.T., Wu, J.S., Wang, P.H., Huang, S.T, Chen, C.C. 2012. Production of Biodiesel through Transesterification of Soybean Oil using Lithium Orthosilicate Solid Catalyst. *Fuel Processing Technology.* 104, 167-173
- Whyman R. 1994. *Applied Organometallic Chemistry and Catalysis.* New York : Oxford Universitas Press.
- Winda, A., 2016. Pola Konsumsi Daging Ayam Broiler Berdasarkan Tingkat Pengetahuan Dan Pendapatan Kelompok Mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. *Stud. E-J.* 5.
- Zeng, D., Yang, L., Fang, T., 2017. Process optimization, kinetic and thermodynamic studies on biodiesel production by supercritical methanol transesterification with CH₃ONa catalyst. *Fuel* 203, 739–748. doi:10.1016/j.fuel.2017.05.019

Halaman ini sengaja dikosongkan

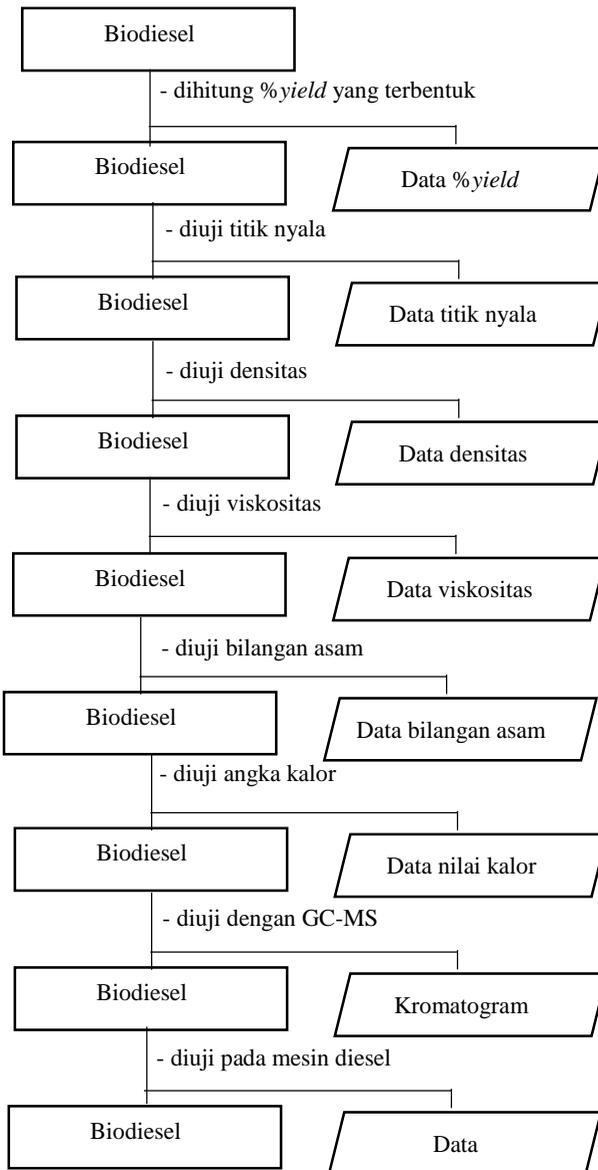
LAMPIRAN

A. Skema Kerja

A.1 Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah



A.2 Analisis Uji Parameter Biodiesel



B. Perhitungan

B.1 Pembuatan larutan standar NaOH 1 N

Massa NaOH yang dibutuhkan dibutuhkan :

$$N = \frac{\text{massa NaOH}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{1000 \text{ (mL)}}{\text{Volume larutan}}$$

$$1 \text{ N} = \frac{\text{massa}}{40 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}} \times \frac{1000}{250}$$

$$\text{massa} = 1 \text{ gram}$$

B.2 Standarisasi NaOH

Normalitas asam oksalat :

$$N = M \times n$$

$$0,1 = M \times 2$$

$$M = 0,05 \text{ M}$$

Massa asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dibutuhkan :

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{Volume (mL)}}$$

$$0,05 = \frac{\text{massa}}{126 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}} \times \frac{1000}{100}$$

$$\text{massa} = 0,6310 \text{ gram}$$

berikut ini Tabel B. 2. 1. Untuk mengetahui volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi

Tabel B. 2. 1. Volume NaOH yang Dibutuhkan untuk Titrasi

Percobaan	Volume (mL)
1	5,1
2	5,1
Rata-rata	5,1

Sehingga, Normalitas NaOH adalah :

$$V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} = V_{\text{oksalat}} \times N_{\text{oksalat}}$$

$$5,1 \times N = 5 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}$$

$$N = 0,098 \text{ N}$$

B.3 Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah

Tabel B. 3. 1. Menunjukkan jumlah volume NaOH untuk titrasi penentuan kadar FFA

Tabel B. 3. 1. Volume NaOH untuk Titrasi Penentuan Kadar FFA

Percobaan	Volume (mL)
1	2,2
2	2,2
Rata-rata	2,2

Sehingga, kadar FFA dari minyak jelantah adalah :

$$\% \text{FFA} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times (V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Blanko}}) \times \text{massa asam lemak}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{FFA} = \frac{0,098 \text{ N} \times (2,2 - 0,2) \text{ mL} \times 282,461}{5} \times 100\%$$

$$\% \text{FFA} = 0,5527\%$$

B.4 Penentuan %yield biodiesel

Diketahui : massa biodiesel yang diperoleh pada waktu 30 menit
= gram

massa minyak = gram

Ditanya : %yield =?

Jawab :

$$\% \text{yield} = \frac{\text{massa biodiesel yang diperoleh}}{\text{massa total minyak}} \times 100\%$$

$$\%yield = \frac{42,16 \text{ g}}{45,15 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%yield = 93,38\%$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung *%yield* untuk biodiesel dengan variasi waktu yang dapat dilihat pada Tabel B.4.1.

Tabel B. 4. 1. Persen Yield yang Dihasilkan dengan Variasi Waktu

Variasi waktu (menit)	Pengulangan	Massa Biodiesel (gram)	% Hasil
30	1	42,16	93,38
	2	41,83	92,64
	3	42,00	93,02
Rata-rata			93,01
60	1	42,69	94,55
	2	42,28	93,64
	3	42,25	93,58
Rata-rata			93,92
90	1	42,22	93,51
	2	42,15	93,35
	3	41,96	92,93
Rata-rata			93,26

B.5 Penentuan densitas biodiesel

Diketahui : massa piknometer + biodiesel yang diperoleh pada waktu 30 menit = 25,98 gram
 massa piknometer = 17,27 gram
 volume piknometer = 10,194 cm³

Ditanya : $\rho = \dots\dots\dots?$

Jawab :

$$\rho = \frac{\text{massa}_{\text{pikno+bio}} - \text{massa}_{\text{pikno}}}{\text{volume pikno}}$$

$$\rho = \frac{(26 - 17,27) \text{ g}}{10,194 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,8563 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho = 856,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung ρ untuk biodiesel dengan variasi waktu yang dapat dilihat pada Tabel B.5.1.

Tabel B. 5. 1. Hasil Perhitungan Densitasi dari Biodiesel yang Dihasilkan Pada Variasi Waktu

Variasi waktu (menit)	Pengulangan	Massa Biodiesel (gram)	densitas (kg/m^3)
30	1	42,16	856,3
	2	41,83	855,6
	3	42,00	856,6
Rata-rata			856,17
60	1	42,69	854,4
	2	42,28	855,3
	3	42,25	855,3
Rata-rata			855
90	1	42,22	854,4
	2	42,15	854,4
	3	41,96	854,4
Rata-rata			854,4

B.6 Penentuan viskositas biodiesel

Diketahui : densitas biodiesel yang diperoleh pada waktu 30

$$\text{menit} = 864,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{densitas air} = 995,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{waktu rata-rata biodiesel} = 3,3 \text{ detik}$$

$$\text{waktu rata-rata air} = 18,62 \text{ detik}$$

viskositas air saat 40°C = 0,658 cSt

Ditanya : $\eta_{bio} = \dots\dots?$

Jawab :

$$\eta_{bio} = \frac{\rho_{bio} \times t_{rata-rata\ bio}}{\rho_{air} \times t_{rata-rata\ air}} \cdot \eta_{air}$$

$$\eta_{bio} = \frac{856,3 \text{ kg/m}^3 \times 18,62 \text{ s}}{995,6 \text{ kg/m}^3 \times 3,3 \text{ s}} \times 0,658 \text{ cSt}$$

$$\eta_{bio} = 3,1932 \text{ cSt}$$

Menggunakan persamaan yang sama , dihitung viskositas untuk biodiesel dengan variasi waktu yang dapat dilihat pada Tabel B.6.1.

Tabel B. 6. 1. Hasil Perhitungan Viskositas dari Biodiesel yang Dihasilkan Pada Variasi Waktu

Variasi waktu (menit)	Pengulangan	$t_{rata-rata\ air}$ (detik)	$t_{rata-rata\ bio}$ (detik)	η_{bio} (cSt)
30	1	3,3	18,62	3,1932
	2	3,3	18,39	3,1512
	3	3,3	18,37	3,1515
	Rata-rata			3,1653
60	1	3,3	18,18	3,1109
	2	3,3	17,97	3,0782
	3	3,3	18,01	3,0850
	Rata-rata			3,0916
90	1	3,3	17,86	3,0561
	2	3,3	18,00	3,0801
	3	3,3	17,87	3,0578
	Rata-rata			3,0647

B.7 Penentuan bilangan asam biodiesel

Diketahui : massa biodiesel yang diperoleh pada waktu 30 menit
= 5 gram

Mr NaOH = 40 gram/mol

$$N \text{ NaOH} = 0,098 \text{ N}$$

$$V \text{ NaOH} = 0,15 \text{ mL}$$

Ditanya : Bilangan asam =

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V_{\text{NaOH}} \text{ (mL)} \times N \text{ NaOH} \times \text{Mr NaOH}}{\text{massa sampel (g)}}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{0,15 \text{ mL} \times 0,098 \times 40}{5 \text{ g}}$$

$$\text{Bilangan asam} = 0,1176 \text{ mg NaOH/g}$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung bilangan asam untuk biodiesel dengan variasi waktu yang dapat dilihat pada Tabel B.7.1.

Tabel B. 7. 1. Hasil Perhitungan Bilangan Asam dari Biodiesel yang Dihasilkan Pada Variasi Waktu

Variasi waktu (menit)	Pengulangan	Massa Biodiesel (gram)	Volume NaOH (mL)	Bilangan asam
30	1	42,16	0,15	0,1176
	2	41,83	0,20	0,1568
	3	42,00	0,20	0,1176
Rata-rata				0,1307
60	1	42,69	0,20	0,1568
	2	42,28	0,15	0,1176
	3	42,25	0,15	0,1176
Rata-rata				0,1307
90	1	42,22	0,15	0,1176
	2	42,15	0,15	0,1176
	3	41,96	0,15	0,1176
Rata-rata				0,1176

B.8. Perhitungan untuk Performa Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Solar Dex Pada Putaran 2000 rpm

Bahan bakar solar dex diuji performansinya pada mesin diesel. Data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel B.8.1.

Tabel B. 8. 1. Waktu Konsumsi 20 cc Bahan Bakar Solar Dex Pada Putaran 2000 rpm

Beban Generator	Volt	Daya (watt)	Waktu (s)
100	222	98,7	153,9
200	221	191,7	149,6
300	219	283,6	142,6
400	218	370	137
500	217	452,8	130,5
600	217	541	124,6
700	217	628	123,4
800	216,8	720	116,4
900	214,7	800,5	112,9
1000	214,5	889,2	109,6

B.8.1. Perhitungan Nilai *Brake Horse Power* (BHP) Bahan Bakar Solar Dex pada Putaran 2000 rpm

Diketahui : Daya Generator (N_g) = 123,75 watt

Ditanya : BHP?

Jawab :

$$BHP = \frac{N_g}{0,88}$$

$$BHP = \frac{123,375}{0,88}$$

$$BHP = 140,199 \text{ watt}$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai BHP untuk solar dex dengan putaran 2000 rpm yang dapat dilihat pada Tabel B.8.2.

Tabel B. 8. 2. Hasil Perhitungan BHP pada Bahan Bakar Solar Dex

Beban Generator	Volt	Daya (watt)	Waktu (s)	Daya Generator (watt)	BHP (watt)
100	222	98,7	153,9	123,375	140,199
200	221	191,7	149,6	239,625	272,301
300	219	283,6	142,6	354,5	402,841
400	218	370	137	462,5	525,568
500	217	452,8	130,5	566	643,182
600	217	541	124,6	676,25	768,466
700	217	628	123,4	785	892,046
800	216,8	720	116,4	900	1022,727
900	214,7	800,5	112,9	1000,625	1137,074
1000	214,5	889,2	109,6	1111,5	1263,068

B.8.2. Perhitungan nilai efisiensi Bahan Bakar Solar Dex pada Putaran 2000 rpm

Diketahui : BHP =140,199 watt = 504,7164 kJ/jam
 Laju alir solar dex = 0,40 kg/jam
 LHV solar dex = 44844,38 kJ/kg

Ditanya : Efisiensi?

Jawab :

$$Efisiensi (\eta) = \frac{BHP (kJ/jam)}{\dot{m} \left(\frac{kg}{jam} \right) \times LHV \left(\frac{kJ}{kg} \right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = \frac{504,7164 (kJ/jam)}{0,4 \left(\frac{kg}{jam}\right) \times 44844,38 \left(\frac{kJ}{kg}\right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = 2,99 \%$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai efisiensi thermis untuk solar dex dengan putaran 2000 rpm yang dapat dilihat pada Tabel B.8.3.

Tabel B. 8. 3. Hasil Perhitungan Efisiensi pada Bahan Bakar Solar Dex

Beban Generator	BHP (kJ/jam)	Laju alir (kg/jam)	LHV (kJ/kg)	Efisiensi (%)
100	540,7164	0,40	44844,38	2,99
200	980,2841	0,41	44844,38	5,28
300	1450,227	0,43	44844,38	7,44
400	1892,045	0,45	44844,38	9,33
500	2315,455	0,47	44844,38	10,88
600	2766,477	0,5	44844,38	12,41
700	3211,364	0,5	44844,38	14,27
800	3681,818	0,53	44844,38	15,43
900	4093,466	0,55	44844,38	16,64
1000	4547,045	0,56	44844,38	17,95

B.9. Perhitungan untuk performa mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel 100% pada putaran 2000 rpm

Bahan bakar biodiesel 100% diuji performansinya pada mesin diesel. Data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel B.8.1.

Tabel B. 9. 1. Waktu Konsumsi 20 cc Bahan Bakar Biodiesel 100% pada Putaran 2000 rpm

Beban Generator	volt	daya	waktu
100	220	98,2	151,5
200	220	191	140,93
300	219	283	134,9
400	218	368	131,67
500	218	450	121,89
600	219	544	119
700	218	640	118,41
800	216	722	110,54
900	215	800	106,83
1000	213	885	102,65

B.9.1. Perhitungan Nilai *Brake Horse Power* (BHP) Bahan Bakar Biodiesel 100% pada Putaran 2000 rpm

Diketahui : Daya Generator (N_g) = 122,75 watt

Ditanya : BHP?

Jawab :

$$BHP = \frac{N_g}{0,88}$$

$$BHP = \frac{122,75}{0,88}$$

$$BHP = 139,49 \text{ watt}$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai BHP untuk biodiesel 100% dengan putaran 2000 rpm yang ditunjukkan pada Tabel B.9.2.

Tabel B. 9. 2. Hasil Perhitungan Nilai BHP dari Bahan Bakar Biodiesel 100%

Beban Generator	Volt	Daya	Waktu	Daya Generator	BHP
100	220	98,2	151,5	122,75	139,49
200	220	191	140,93	238,75	271,31
300	219	283	134,9	353,75	401,99
400	218	368	131,67	460	522,73
500	218	450	121,89	562,5	639,20
600	219	544	119	680	772,73
700	218	640	118,41	800	909,09
800	216	722	110,54	902,5	1025,57
900	215	800	106,83	1000	1136,36
1000	213	885	102,65	1106,25	1257,10

B.9.2. Perhitungan nilai efisiensi Bahan Bakar Biodiesel 100% pada Putaran 2000 rpm

Diketahui : BHP = 134,49 watt = 502,159 kJ/jam
 Laju alir biodiesel 100% = 0,4 kg/jam
 LHV biodiesel 100% = 39749,48 kJ/kg

Ditanya : Efisiensi?

Jawab :

$$Efisiensi (\eta) = \frac{BHP (kJ/jam)}{\dot{m} \left(\frac{kg}{jam} \right) \times LHV \left(\frac{kJ}{kg} \right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = \frac{502,159 (kJ/jam)}{0,41 \left(\frac{kg}{jam}\right) \times 39749,48 \left(\frac{kJ}{kg}\right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = 3,10 \%$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai efisiensi untuk biodiesel 100% dengan putaran 2000 yang ditunjukkan pada Tabel B.9.3

Tabel B. 9. 3. Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi pada Biodiesel 100%

Beban Generator	BHP (kj/jam)	laju alir (kg/jam)	LHV (kj/kg)	Efisiensi (%)
100	502,159	0,41	39749,48	3,10
200	976,705	0,44	39749,48	5,61
300	1447,159	0,46	39749,48	7,96
400	1881,818	0,47	39749,48	10,10
500	2301,136	0,51	39749,48	11,44
600	2781,818	0,52	39749,48	13,50
700	3272,727	0,52	39749,48	15,80
800	3692,045	0,56	39749,48	16,64
900	4090,909	0,58	39749,48	17,82
1000	4525,568	0,60	39749,48	18,94

B.10. Perhitungan untuk Performa Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Biodiesel 10% pada Putaran 2000 rpm

Bahan bakar biodiesel 10% diuji performansinya pada mesin diesel. Data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel B.10.1.

Tabel B. 10. 1. Waktu konsumsi 20 cc bahan bakar biodiesel 10% pada putaran 2000 rpm

Beban Generator	Volt	Daya (watt)	Waktu (s)
100	223	99,8	151
200	222,5	193,5	146,5
300	221,3	281,5	140,2
400	220,9	373,3	134,6
500	219,5	458,8	128,7
600	218,4	547,4	122,4
700	218	645,6	118,9
800	217,2	729,7	113,7
900	216,9	808,4	111,1
1000	215,3	887,3	106,8

Diketahui : Daya Generator (N_g) = 124,75 watt

Ditanya : BHP?

Jawab :

$$\text{BHP} = \frac{124,75}{0,88}$$

$$\text{BHP} = \frac{N_g}{0,88}$$

$$\text{BHP} = 141,76 \text{ watt}$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai BHP untuk biodiesel 10% dengan putaran 2000 rpm yang ditunjukkan pada Tabel B.10.2.

Tabel B. 10. 2. Hasil Perhitungan Nilai BHP pada Bahan Bakar Biodiesel 10%

Beban Generator	volt	daya	waktu	Daya Generator	BHP
100	223	99,8	151	124,75	141,76
200	222,5	193,5	146,5	241,875	274,86
300	221,3	281,5	140,2	351,875	399,86
400	220,9	373,3	134,6	466,625	530,26
500	219,5	458,8	128,7	573,5	651,70
600	218,4	547,4	122,4	684,25	777,56
700	218	645,6	118,9	807	917,05
800	217,2	729,7	113,7	912,125	1036,51
900	216,9	808,4	111,1	1010,5	1148,30
1000	215,3	887,3	106,8	1109,125	1260,37

B.10.2. Perhitungan nilai efisiensi Bahan Bakar Biodiesel 10% pada Putaran 2000 rpm

Diketahui : BHP = 141,76 watt = 510,341 kJ/jam
 Laju alir biodiesel 100% = 0,39 kg/jam
 LHV biodiesel 100% =

Ditanya : Efisiensi?

Jawab :

$$Effisiensi (\eta) = \frac{BHP (kJ/jam)}{\dot{m} \left(\frac{kg}{jam} \right) \times LHV \left(\frac{kJ}{kg} \right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = \frac{510,341 (kJ/jam)}{0,39 \left(\frac{kg}{jam} \right) \times 45309,6 \left(\frac{kJ}{kg} \right)} \times 100 \%$$

$$Effisiensi (\eta) = 2,88\%$$

Menggunakan persamaan yang sama, dihitung nilai efisiensi untuk biodiesel 10% dengan putaran 2000 rpm yang ditunjukkan pada Tabel B.10.3.

Tabel B. 10. 3.Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi pada Bahan Bakar Biodiesel 10%

Beban Generator	BHP (kj/jam)	Laju alir (kg/jam)	LHV (kj/kg)	Efisiensi (%)
100	510,341	0,39	45309,6	2,88
200	989,489	0,4	45309,6	5,43
300	1439,489	0,42	45309,6	7,55
400	1908,92	0,44	45309,6	9,62
500	2346,136	0,46	45309,6	11,30
600	2799,205	0,48	45309,6	12,82
700	3301,364	0,49	45309,6	14,69
800	3731,42	0,52	45309,6	15,88
900	4133,864	0,53	45309,6	17,19
1000	4537,33	0,55	45309,6	18,13

C. Data Karakterisasi

C.1. Data Nilai Kalor Pembakaran dari Analisis Bom Kalorimeter

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. 013/LHS/LEL=ITS/VII/2017

Nama Pemilik : Santi Nuraini
 Alamat Pemilik : Kimia FMIPA ITS
 Nama Contoh : **Biodiesel** Tanggal Terima : 05 Juni 2017
 Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 06 Juni 2017
 Contoh : Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 13 Juni 2017
 Kemasan : botol Jumlah Contoh : 1
 Kode Contoh : **EI-355**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

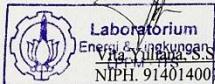
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel	Kalori Meter	9.494	Cal/gr	Bomb Kalori Meter

Suhu : 24,7⁰C
 Humidity : 48 %
 Analis : MBB

Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Teknis



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. 012/LHS/LEL=ITS/VII/2017

Nama Pemilik : Santi Nuraini
 Alamat Pemilik : Kimia FMIPA ITS

Nama Contoh : **Biodiesel** Tanggal Terima : 10 Juli 2017
 Deskripsi : Bentuk : -Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 12 Juli 2017
 Contoh Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 13 Juli 2017
 Kemasan : botol Jumlah Contoh : 1
 Kode Contoh : **EI-402**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel 10%	Kalori Meter	10.822	Cal/gr	Bomb Kalori Meter

Suhu : 24,7 °C
 Humiditiy : 48 %
 Analis : MBB

Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Teknis

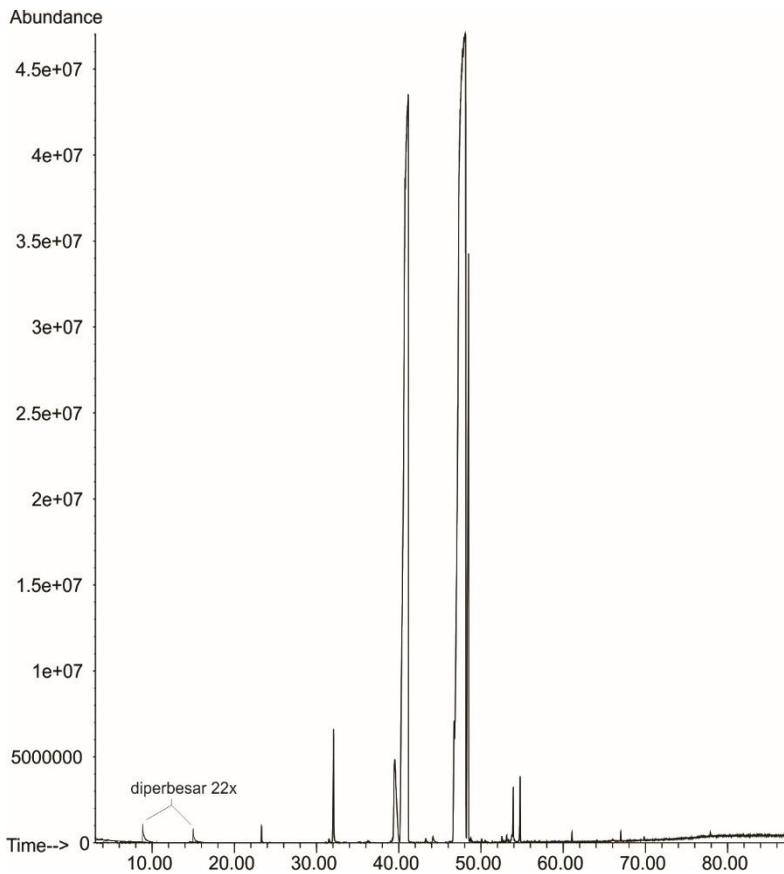


C.2. Data Karakterisasi GC-MS

Tabel C.2. 1. Data Analisis Biodiesel dengan Kromatografi Gas

Senyawa	Jumlah karbon	Massa molekul	Waktu retensi	Jumlah (%)
Metil oktanoat	C8:0	158,24	8,883	0,01
Metil dekanoat	C10:0	186,27	15,011	0,00
Metil laurat	C12:0	214,35	23,308	0,08
Metil miristoleat	C14:1	240,39	31,514	0,04
Metil miristat	C14:0	242,41	32,063	0,74
Metil pentadekanoat	C15:0	256,42	36,229	0,03
Metil palmitoleat	C16:1	268,44	39,519	2,12
Metil palmitat	C16:0	270,46	40,766	13,85
Metil palmitat	C16:0	270,46	41,144	18,62
Metil heptadekanoat	C17:0	284,48	43,284	0,05
Metil heptadekanoat	C17:0	284,48	44,142	0,08
Metil linolenat	C18:3	292,46	46,139	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	46,734	1,08
Metil oleat	C18:1	296,51	47,793	38,23
Metil oleat	C18:1	296,51	48,05	13,85
Metil oleat	C18:1	296,51	48,102	4,25
Metil stearat	C18:0	298,51	48,485	5,48
Metil linoleat	C18:2	294,51	48,765	0,02
Metil linoleat	C18:2	294,51	48,851	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	48,971	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	49,555	0,01
Metil linoleat	C18:2	294,51	50,076	0,03

Metil arakhidat	C20:0	326,57	52,542	0,03
Metil eicosatrinoat	C23:3	320,52	53,126	0,05
Metil linoleneat	C18:3	292,46	58,332	0,02
Metil eicosadionat	C20:2	322,53	53,738	0,03
Metil arakhidat	C20:0	326,57	53,789	0,03
Metil arakhidat	C20:0	326,57	53,927	0,29
Metil arakhidat	C20:0	326,57	54,751	0,34
Metil behenat	C22:0	354,62	61,073	0,05
Metil trikosanoat	C23:0	368,65	64,095	0,01
Metil lignoserat	C24:0	382,68	67,007	0,05
% Total ester				99,5



Gambar C.2. 1. Kromatogram Biodiesel dari Minyak Jelantah

BIODATA PENULIS



Penulis tugas akhir ini bernama Sakinah Himav Rezeika yang lahir di Surabaya pada tanggal 20 September 1995. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan di SDN 1 Tanjung Barat, SDN 1 Kranggan Timur, SMPN 1 Bangkalan, dan SMAN 1 Bangkalan. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN tahun 2013 dan terdaftar sebagai mahasiswa Kimia ITS dengan NRP 1413 100 045. Penulis pernah berorganisasi di BEM ITS sebagai Kadep PSDA Forum Perempuan BEM ITS tahun 2015-2016. Penulis pernah melakukan kerja praktek di Laboratorium Forensik Cabang Surabaya Sub Bidang Balmefor, Polda Jatim. Penulis menyelesaikan pendidikannya di Departemen Kimia FMIPA ITS dengan mengambil judul tugas akhir “Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi dan Uji Performanya Pada Mesin Diesel”, yang dibimbing oleh Dra. Ita Ulfin, M.Si. dan Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D. Penulis dapat diajak berdiskusi mengenai tugas akhir maupun topik lainnya dan dapat dihubungi melalui surel dengan alamat rezeika.sakinah@gmail.com