

**ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS PRODUK BIODISEL BERBAHAN
MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

Oleh:
GINA FIKRIA
NIM. 17640008



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS PRODUK BIODIESEL BERBAHAN
MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:
GINA FIKRIA
NIM. 17640008

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS PRODUK BIODIESEL BERBAHAN
MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

Oleh:
Gina Fikria
NIM. 17640008

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

Pada tanggal: 24 November 2021

Dosen Pembimbing I



Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons). PhD
NIP. 195907291986021001

Dosen Pembimbing II



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 197407302003121002

Menyetujui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M. Si
NIP. 197410730 200312 1 002

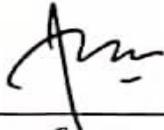
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS PRODUK BIODIESEL BERBAHAN
MINYAK JELANTAH

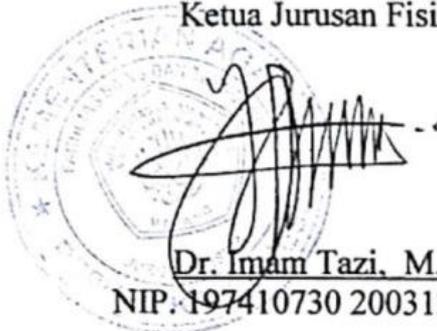
SKRIPSI

Oleh:
Gina Fikria
NIM. 17640008

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 15 Desember 2021

Ketua Penguji :	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870215 20180201 2 233	
Anggota 1 :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota 2 :	<u>Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons). PhD</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Anggota 3 :	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M. Si
NIP. 197410730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gina Fikria

NIM : 17640008

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Karakteristik Fisis Produk Biodiesel Berbahan
Minyak Jelantah

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan



Gina Fikria

NIM. 17640008

MOTTO

Rasulullah SAW Said : Whoever Follows A Path To Gain Knowledge,

Allah SWT Will Make Easy For Him The Path To Paradise

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku tersayang yang pengorbanannya tak akan pernah sanggup kubalas, Bapak Moh Safrudin dan Ibuk Lilis Kurniawati
- Adikku satu satunya Radita Ramadhani yang menjadi motivasi terbesar untuk meraih cita-cita
- Semua teman terbaik dengan nama dan kisah yang selalu terkenang dalam benak dan ingatanku.
- Almamaterku, jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat yang begitu luasnya kepada kami, sehingga sampai saat ini penulis dapat merampungkan penelitian skripsi dengan tepat waktu. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir sarjana strata satu (S1). Pada skripsi penelitian ini, penulis mengambil judul **“Analisis Karakteristik Fisis Produk Biodiesel Berbahan Minyak Jelantah”**. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan pencerahan seperti saat ini.

Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons). PhD., selaku Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.
5. Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si., selaku dosen Fisika Instrumentasi dan komputasi yang telah membantu dalam proses pembelajaran dan penyelesaian skripsi ini.
6. Dr. H. M. Tirono, M.Si., selaku Dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi dan ilmu pengetahuan.

7. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
8. Keluarga khususnya Ibu, Ayah dan Adik yang selama ini selalu memberikan dukungan do'a serta semangat agar penulis senantiasa diberikan kemudahan dalam setiap langkahnya.
9. Seluruh pihak yang terlibat langsung maupun tidak dapat sebut satu persatu dalam kata pengantar skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aamiin. Dalam penyusunan skripsi ini. Penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 20 Desember 2021



Gina Fikria
NIM.17640008

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Masalah.....	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Biodiesel.....	11
2.2 Minyak Jelantah.....	15
2.3 Katalis.....	17
2.4. Metanol.....	19
2.5 Reaksi Transesterifikasi.....	21
2.6 Karakteristik Produksi Biodisel.....	26
2.6.1 FFA (<i>Free Fatty Acid</i>)	27
2.6.2 Viskositas.....	27
2.6.3 Massa Jenis (<i>Densitas</i>).....	28
2.6.4 Titik Nyala (<i>Flash Point</i>).....	29
2.6.5 Titik Beku (<i>Freezing Point</i>).....	31
2.6.6 Nilai Kalor	32
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Jenis Penelitian	35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3.1 Alat Penelitian.....	35
3.3.2 Bahan Penelitian	36
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.5 Prosedur Penelitian.....	37
3.5.1 Proses Pemanasan	38
3.5.2 Proses Penyiapan Natrium Metoksida ($\text{Na}^+ \text{CH}_3\text{O}^-$).....	38
3.5.3 Proses Transesterifikasi	38
3.5.4 Proses Pencucian.....	39
3.6 Prosedur Karakterisasi Biodisel	39

3.6.1 Penentuan Yield Biodisel.....	39
3.6.2 Analisa FFA.....	40
3.7 Pengambilan Data.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah.....	41
4.2 Yield Biodiesel.....	42
4.3 Hasil Analisa Karakteristik Biodiesel.....	43
4.3.1 Viskositas Biodiesel.....	44
4.3.2 Densitas (<i>Massa Jenis</i>) Biodiesel.....	46
4.3.3 Titik Nyala (<i>Flash Point</i>) Biodiesel.....	48
4.3.4 Titik Beku (<i>Freezing Point</i>) Biodiesel.....	50
4.3.5 Nilai Kalor Biodiesel.....	50
BAB V PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR TABEL

Table 2.1	Syarat Mutu Biodisel SNI 04-7182-2015	14
Table 2.2	Bahan Baku Minyak Nabati dan Katalis dari Beberapa Penelitian ...	15
Table 2.3	Sifat dan Komposisi Asam Lemak Bebas dari Minyak Jelantah untuk Produksi Biodiesel (Maneerung, dkk, 2016)	16
Table 2.4	Penelitian sebelumnya.....	17
Table 2.5	Sifat Fisika-Kimia Methanol.....	20
Table 3.1	Pengambilan Data	40
Table 4.3.1	Perbandingan hasil uji minyak jelantah dengan standar nasional Rasio 5:1	44
Table 4.3.2	Perbandingan hasil uji minyak jelantah dengan standar nasional Rasio 4:1	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia (a) Trigliserida, (b) Digliserida dan (c) Monogliserida	12
Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi	22
Gambar 2.3 Hidrolisis Air dari Minyak Nabati atau Lemak Hewan Membentuk Asam Lemak Bebas	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Biodiesel	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Data Hasil Penelitian.....	62
Lampiran II Bukti Penelitian.....	64
Lampiran III Bukti Konsultasi	65

ABSTRAK

Fikria, Gina. 2021. **Analisis Karakteristik Fisis Produk Biodiesel Berbahan Minyak Jelantah**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons). PhD (II) Dr. Imam Tazi, M.Si

Kata Kunci: Minyak Jelantah, Biodiesel, Transesterifikasi

Biodiesel adalah bahan yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel yang berasal dari minyak bumi. Dalam pembuatan biodiesel digunakan limbah minyak jelantah dengan kadar FFA yang diperoleh yaitu 3,1%, sehingga proses transesterifikasi langsung dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah dengan rasio molar minyak jelantah berbanding metanol 5:1 dan 4:1. Hasil uji karakteristik fisik biodiesel dengan rasio 5:1 dan 4:1 menunjukkan bahwa densitas biodiesel berbahan minyak jelantah telah memenuhi SNI 04-7182-2012. Hasil uji viskositas menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah belum memenuhi SNI 04-7182-2012. Hasil uji titik nyala menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah belum memenuhi SNI 04-7182-2012. Hasil uji titik beku menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah telah memenuhi SNI 04-7182-2012. Hasil uji nilai kalor menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah belum memenuhi SNI 04-7182-2012. Dan pada yield biodiesel dari minyak jelantah menunjukkan bahwa belum menghasilkan yield biodiesel yang signifikan.

ABSTRACT

Fikria, Gina. 2021. **Analysis Of The Physical Characteristics Of Biodiesel Products Made From Used Cooking Oil**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang.
Advisor : (I) Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons). PhD (II) Dr. Imam Tazi, M.Si

Kata Kunci: Cooking Oil, Biodiesel, Transesterification

Biodiesel is a very potential material used as a substitute for diesel fuel derived from petroleum. In manufacture of biodiesel was used waste cooking oil with FFA levels obtained which is 3.1%, so that the transesterification process is directly carried out. This study aims to find out the physical characteristics of biodiesel produced from waste cooking oil with a molar ratio of waste cooking oil to methanol 5:1 and 4:1. The results of the physical characteristic test of biodiesel with a ratio of 5:1 and 4:1 showed that the biodiesel density of waste cooking oil had met SNI 04-7182-2012. Viscosity test results showed that biodiesel from waste cooking oil has not met SNI 04-7182-2012. The results of flash point tests showed that biodiesel from waste cooking oil has not met SNI 04-7182-2012. Freezing point test results showed that biodiesel from waste cooking oil had met SNI 04-7182-2012. The results of the heat value test showed that biodiesel from waste cooking oil has not met SNI 04-7182-2012. And the yield shows that biodiesel from waste cooking oil has not produced a significant biodiesel yield.

الملخص

فكري ، جينا. 2021. تحليل الخصائص الفيزيائية لمنتجات وقود الديزل الحيوي المصنوع من نفايات زيت الطهي. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة: (I) سيسيب روستانا, (II) إمام تازي، الماجستير

الكلمات الرئيسية: زيت الطهي ، وقود الديزل الحيوي ، الأسترة التحويلية

وقود الديزل الحيوي مادة يمكن استخدامها كبديل لوقود الديزل المشتق من البترول. في تصنيع وقود الديزل الحيوي ، يتم بنسبة 3.1 % ، بحيث يتم إجراء عملية الأسترة التبادلية مباشرة. تهدف FFA الحصول على نفايات زيت الطهي مع محتوى هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الفيزيائية للديزل الحيوي المنتج من زيت الطهي المستخدم بنسبة مولارية لزيت الطهي المستخدم إلى الميثانول 1 : 5 و 1 : 4. تشير نتائج اختبار الخصائص الفيزيائية للديزل الحيوي بنسب 1 : 5 و 1 : 4 إلى أن أظهرت نتائج SNI 04-7182-2012 كثافة وقود الديزل الحيوي المصنوع من زيت الطهي المستخدم قد امتثلت ل تظهر نتائج SNI 04-7182-2012 اختبار اللزوجة أن وقود الديزل الحيوي من زيت الطهي المستخدم لا يتوافق مع تظهر SNI 04-7182-2012 اختبار نقطة الوميض أن وقود الديزل الحيوي من زيت الطهي المستخدم لم يتوافق مع SNI 04-7182-2012 نتائج اختبار نقطة التجمد أن وقود الديزل الحيوي من زيت الطهي المستخدم قد امتثل ل SNI 04-7182-2012 تظهر نتائج اختبار القيمة الحرارية أن وقود الديزل الحيوي من زيت الطهي المستخدم لم يتوافق مع .ويظهر محصول وقود الديزل الحيوي من زيت الطهي المستخدم أنه لم ينتج بعد عائدًا كبيرًا من وقود الديزل الحيوي. 2012.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan diesel sebagai salah satu sumber energi di Indonesia saat ini mencapai 170 juta barrel/tahun. Pemenuhan diesel nasional dilakukan dengan cara suplai dari dalam negeri serta aktivitas impor. Tipe diesel yang disuplai didominasi dengan bahan dasar minyak bumi, dan tidak sedikit juga produsen dalam negeri memperoleh bahan dasar ini melalui aktivitas impor. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mengatakan bahwa sisa cadangan minyak bumi di Indonesia yang bisa dieksploitasi hanya 3,7 miliar barrel serta diproyeksikan akan habis 10 tahun lagi. Apabila hanya mengandalkan minyak bumi sebagai suplai bahan baku diesel, Indonesia 10 tahun ke depan terpaksa harus menjadi pengimpor bahan bakar dalam memenuhi kebutuhan nasional. Untuk itu Pemerintah mengeluarkan kebijakan energi nasional lewat peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 tahun 2006 yaitu tentang pengembangan sumber energi alternative sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Fakta tersebut sebagaimana dijelaskan diatas menjadikan kita harus berpikir bagaimana caranya untuk mengganti sumber energi minyak bumi, khususnya diesel tersebut dengan sumber energi yang lebih murah dan tepat guna, yaitu biofuel yang merupakan salah satu bentuk sumber energi terbarukan. Biofuel ialah sumber energi alternatif yang bisa dihasilkan berulang-ulang, untuk mengganti sumber energi fosil. Hal ini dapat dipahami karena sumber energi fosil yang banyak digunakan di Indonesia pada saatnya nanti akan habis persediaanya; selain itu juga sumber energi fosil ini merupakan penyebab polusi udara yang

berdampak terhadap peningkatan suhu global warming) dan juga berbahaya bagi kesehatan manusia. Salah satu bentuk biofuel yang ramah lingkungan adalah biodiesel.

Sejak 2018 biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit diwajibkan oleh pemerintah. Saat ini implementasinya sudah sampai B30 dengan campuran FAME 30% dan solar 70%. Kajian awal Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan (TNP2K) dan Tracrion Energi Asia tentang potensi minyak jelantah untuk Biodiesel dan penurunan kemiskinan di Indonesia (2020) mencatat bahwa pada tahun 2019, konsumsi minyak goreng sawit nasional mencapai 16,2 juta kiloliter. Dari angka tersebut rata-rata minyak jelantah yang dihasilkan berada pada kisaran 20%-60% atau berada di kisaran 6,46 juta kiloliter-9,72 juta kiloliter. Berdasarkan riset International Council on Clean Transportation (ICCT), Indonesia memiliki potensi minyak jelantah mencapai 157 juta liter yang berasal dari restoran, hotel, dan sekolah di perkotaan. Jumlah tersebut setara dengan 3% produksi biodiesel di Indonesia per tahun. ICCT bahkan memperkirakan potensi minyak jelantah yang dikumpulkan dari rumah tangga perkotaan bisa lebih banyak yakni mencapai 1.638 juta liter atau setara 32% produksi biodiesel di tanah air. Produksi minyak jelantah yang cukup besar tersebut memungkinkan Indonesia bisa memanfaatkannya menjadi biodiesel sebagai sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu riset terhadap karakteristik biodiesel berbahan minyak jelantah perlu dilakukan dan dikembangkan. Biodiesel merupakan bahan yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel yang berasal dari minyak bumi. Hal ini dikarenakan biodiesel berbahan baku yang berasal dari minyak nabati diantaranya:

minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dsb. Biodiesel mudah digunakan, bersifat biodegradable, tidak beracun, bebas dari sulfur dan Senyawa aromatik. Biodiesel mempunyai nilai titik nyala (*flashpoint*) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jika disimpan dan digunakan. Selain itu, biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, karena tidak mengandung belerang kerusakan lingkungan.

Berbagai riset tentang pembuatan dan pengujian langsung biodiesel telah banyak dikerjakan antara lain: hasil penelitian yang berjudul “Coco Metyl Ester (Cocodiesel) Sebagai Bahan Bakar Pengganti Solar” yang dilakukan oleh Yuniarsi pada tahun (2007) dengan memakai minyak kelapa, hasilnya menunjukkan bahwa daya (*power*) yang dihasilkan dari cocodiesel sedikit lebih rendah dari solar. kandungan energi yang dimiliki biodiesel lebih rendah kira-kira 11% dari solar berbahan baku fosil hewan. Biodiesel murni mempunyai masalah signifikan terhadap temperatur rendah, namun mempunyai keunggulan yakni nilai opasitasnya lebih rendah. Kemudian pada Penelitian yang dilakukan oleh Mahreni dan Setyoningrum, (2010) dengan judul “Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Asam Padat (Nafion/SiO₂)” hasilnya menunjukkan Produksi biodiesel dari minyak jelantah (Waste Cooking Oil, WCO) dilakukan menggunakan katalis ganda yaitu Nafion/SiO₂ sebagai katalis reaksi esterifikasi dan NaOH digunakan sebagai katalis transesterifikasi dan persentase biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis ganda lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan katalis tunggal. Selanjutnya pada penelitian yang berjudul “Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif” oleh Kartika, (2012) hasil konversi biodiesel dapat

ditentukan dengan spektrometer $^1\text{H-NMR}$ sedangkan sifat fisik ditentukan dengan metode ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transesterifikasi menggunakan katalis KOH tanpa proses esterifikasi menghasilkan konversi biodiesel 53,29%. Kondisi optimum sintesis biodiesel diperoleh melalui proses esterifikasi pada suhu 60°C dan konsentrasi katalis ZAH 2% dengan konversi biodiesel 100%. Sifat fisik biodiesel yang diperoleh memenuhi spesifikasi ASTM 2003^b dan dirjen Migas 2006. Encinar dkk. (2005) menyatakan biodiesel dengan sifat terbaik dapat diperoleh pada rasio molar 6:1 (metanol/minyak). Penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jelantah telah banyak dilakukan sejak tahun 80an hingga sekarang. Zhang, (2003), mampu mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel pada temperatur 60°C dalam waktu 4 jam untuk menghasilkan rendemen biodiesel (FAME) sebesar 97%. Hal yang serupa dilakukan Omar, (2009) pada temperatur 60°C dan waktu 3 jam hanya mampu menghasilkan kadar FAME optimal sebesar 81,4%. Kadar FAME 94,3% dihasilkan dengan mengkonversi minyak jelantah pada temperatur 60°C dan waktu 2 jam. Pada temperatur 50°C hanya mampu menghasilkan rendemen biodiesel 76%, Wahyuni, dkk. (2015) dan pada temperatur 80°C menghasilkan rendemen sebesar 81,4%, Anastopoulus, (2009). Berbeda dengan yang dilakukan oleh Ferlizardo, (2005) dan Syam, (2013), yang mampu mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel dengan rendemen FAME 98% dalam waktu 1 jam. Kemudian 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. Biodiesel juga merupakan salah satu energi alternatif yang secara umum densitas dan viskositasnya lebih besar dari minyak solar sedangkan nilai kalornya lebih rendah (Murni, 2010). Viskositas kinematik pada bahan bakar solar berkisar antara 1,3 mm²/s hingga 4,1 mm²/s pada temperatur 40°C. Sedangkan biodiesel memiliki viskositas kinematik yang lebih besar berkisar antara 1,9 mm²/s hingga 6 mm²/s pada suhu 40°C (Tangsathitkkucaai, dkk, 2004). Pada saat ini pembuatan biodiesel di Indonesia dilakukan oleh industri besar.

Salah satu bahan baku yang potensial untuk pembuatan biodiesel ialah minyak jelantah. Selain banyak tersedia, bahan ini juga merupakan bahan buangan dari rumah tangga maupun industri, khususnya industry kuliner. Minyak jelantah memiliki karakteristik yang hampir sama dengan karakteristik yang dimiliki oleh minyak bumi sebagai limbah yang mengandung senyawa-senyawa karsiogenik yang terjadi selama proses penggorengan, minyak jelantah tidak dapat dipakai secara terus menerus karena menimbulkan kerusakan pada tubuh manusia. Selain ketersediaannya yang relatif melimpah di Indonesia, minyak jelantah merupakan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Kenaikan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biology Oxygen Demand) dalam perairan akibat minyak jelantah menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha pemanfaatan minyak jelantah tersebut.

Pada saat ini, pemanfaatan minyak jelantah di Indonesia masih belum berkembang. Potensi minyak jelantah akan meningkat seiring dengan meningkatnya produksi serta konsumsi minyak goreng. Pemakaian minyak jelantah sebagai bahan baku memberikan beberapa keuntungan yaitu mudah

didapat juga persediaannya melimpah, serta menanggulangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah minyak jelantah. Riset untuk menanggulangi penimbunan limbah dari minyak jelantah sudah banyak dicoba, diantaranya dengan metode pemurnian kembali ataupun diolah menjadi biodiesel. Oleh sebab itu berangkat dari fakta dan permasalahan serta potensi minyak jelantah sebagaimana telah diuraikan tersebut di atas. Pada penelitian ini akan dilakukannya pembuatan dan analisis untuk mengetahui karakteristik fisis produk biodiesel berbahan minyak jelantah tersebut. Diharapkan melalui penelitian ini dapat meningkatkan nilai guna minyak jelantah sehingga dapat diproses untuk menghasilkan sumber bahan baku alternatif untuk pembuatan biodiesel yang tidak merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Hal tersebut sejalan dengan Al-Quran dimana Allah menyuruh manusia supaya memperhatikan keberagaman dan keindahan disertai seruan agar merenungkan ciptaan-ciptaan-Nya yang amat menakjubkan, firman Allah Swt., dalam Q.S. Shad ayat 27-28:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ أَذَلِكُمْ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا
فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ۚ ۲۷ أَمْ نَجْعَلُ الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ
كَالْمُفْسِدِينَ فِي الْأَرْضِ ۚ أَمْ نَجْعَلُ الْمُتَّقِينَ كَالْفُجَّارِ ۚ ۲۸

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”

Untuk mengurangi kerusakan salah satunya memanfaatkan limbah minyak jelantah menjadi biofuel, dan dikembangkan menjadi biodiesel agar mengurangi penggunaan bahan bakar minyak yang tidak dapat diperbaharui. Sebagaimana terdapat pada Q.S Al-Baqarah ayat 12:

أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِنْ لَا يَشْعُرُونَ (۱۲)

“Ingatlah, sesungguhnya merekalah yang berbuat kerusakan, tetapi mereka tidak menyadari”

Dan juga pada Q.S Al-Waqi’ah ayat 71-73:

أَفَرَأَيْتُمُ النَّارَ الَّتِي تُورُونَ (٧١) أَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَهَا أَمْ نَحْنُ الْمُنشِئُونَ (٧٢) أَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَهَا أَمْ نَحْنُ الْمُنشِئُونَ (٧٣)

“Maka pernahkah kamu memperlihatkan tentang api yang kamu nyalakan (dengan kayu?) (71). Kamukah yang menumbuhkan kayu itu atukah Kami yang menumbuhkan? (72). Kami menjadikan (api itu) untuk peringatan dan bahan yang berguna bagi musafir (73)”

Pada surah Al-A’raf ayat 56-58 Allah SWT juga berfirman:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ (٥٦) وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ (٥٧) وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ (٥٨)

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi) dengan melakukan kemusyrikan dan perbuatan-perbuatan maksiat (sesudah Allah memperbaikinya) dengan cara mengutus rasul-rasul (dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut) terhadap siksaan-Nya (dan dengan penuh harap) terhadap rahmat-Nya. (Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik) yakni orang-orang yang taat. Lafal qariib berbentuk mudzakkar padahal menjadi khabar lafal rahmah yang muannats, hal ini karena lafal rahmah dimudhaffkan kepada lafal Allah (56) Dan Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa berita gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya) yakni terpencair-pencar sebelum datangnya hujan. Menurut suatu qiraat dibaca dengan takhfif, yaitu syin disukunkan; dan menurut qiraat lainnya dengan disukunkan syinnya kemudian memakai nun yang difatahkan sebagai mashdar. Menurut qiraat lainnya lagi dengan disukunkan syinnya kemudian didamahkan huruf sebelumnya sebagai pengganti dari nun, yakni mubsyiran. Bentuk tunggal dari yang pertama ialah nusyuurun seperti lafal rasuulun, sedangkan bentuk tunggal yang kedua ialah basyirun (sehingga apabila angin itu membawa) maksudnya meniupkan (mendung yang tebal) yaitu hujan (Kami halau mendung itu) mega yang mengandung air hujan itu. Di dalam lafal ini terkandung makna iltifat `anil ghaibiyah (ke suatu daerah yang tandus) daerah yang tidak ada tetumbuhannya guna menyuburkannya (lalu Kami turunkan di daerah itu) di kawasan tersebut (hujan, maka Kami keluarkan dengan sebab hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah) cara pengeluaran itulah (Kami membangkitkan orang-orang yang telah mati) dari kuburan mereka dengan menghidupkan mereka kembali (mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran) kemudian kamu mau beriman (57) Dan tanah yang baik) yang subur tanahnya (tanaman-tanamannya tumbuh subur) tumbuh dengan baik (dengan seizin Tuhannya) hal ini merupakan

perumpamaan bagi orang mukmin yang mau mendengar petuah/nasihat kemudian ia mengambil manfaat dari nasihat itu (dan tanah yang tidak subur) jelek tanahnya (tidaklah mengeluarkan) tanamannya (kecuali tumbuh merata) sulit dan susah tumbuhnya. Hal ini merupakan perumpamaan bagi orang yang kafir. (Demikianlah) seperti apa yang telah Kami jelaskan (Kami menjelaskan) menerangkan (ayat-ayat Kami kepada orang-orang yang bersyukur) terhadap Allah, kemudian mereka mau beriman kepada-Nya (58)”

Maksud kandungan ayat tersebut diatas adalah bahwa segala yang diciptakan Allah Swt., di muka bumi ini tidak ada yang sia-sia semuanya mempunyai manfaat bagi manusia, ada yang bermanfaat sebagai obat dan ada pula yang bermanfaat sebagai bahan pangan, bahan bakar, maka dari itu kita disuruh untuk mencari dan menelitinya sesuai dengan kemampuan kita. Memahami pemaparan dan informasi serta makna ayat-ayat Al-Qur'an tersebut di atas, maka dianggap perlu untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam rangka menghasilkan biodiesel berbahan minyak jelantah. Produk biodiesel yang dihasilkan akan dianalisis karakteristik fisisnya untuk dibandingkan dengan standard diesel yang sudah ditetapkan.

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana karakteristik fisis produk biodiesel berbahan minyak jelantah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisis produk biodiesel berbahan minyak jelantah.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membuat penelitian kali ini lebih terarah sesuai dengan yang diharapkan maka permasalahan yang terbentuk harus diberi batasan. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berupa analisis karakteristik fisis produk pada biodiesel.
2. Bahan yang digunakan adalah Minyak Goreng bekas atau bisa disebut dengan Minyak Jelantah.
3. Metode yang digunakan adalah proses transesterifikasi.
4. Katalis yang digunakan adalah katalis basa NaOH yang dilarutkan dalam metanol dengan perbandingan tertentu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi mengenai potensi minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel.
2. Dapat memanfaatkan minyak jelantah yang merupakan bahan buangan sebagai sumber energi alternatif.
3. Dapat memperoleh karakteristik fisis biodiesel berbahan minyak jelantah untuk mesin kendaraan.
4. Menghasilkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan masyarakat.
5. Mengola ulang bahan-bahan buangan (sampah) untuk dimanfaatkan kembali bagi kebutuhan manusia akan energi untuk mendukung aktifitasnya.

6. Menghindari kerusakan pada tubuh manusia akibat pemakaian berulang minyak jelantah dan sekaligus menjaga bumi dari limbah minyak jelantah yang berpotensi mencemari lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

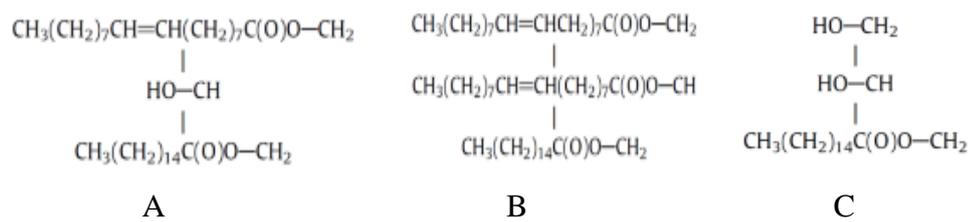
2.1 Biodiesel

Biodiesel ialah alkil ester yang yang terbuat dari bahan yang tidak beracun, terbuat dari sumber biologi seperti minyak nabati, lemak hewan bahkan minyak goreng jelantah. Biodiesel bisa disintesis melalui transesterifikasi dengan memakai 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 bisa 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 bisa dikonsumsi banyak digunakan untuk sintesis biodiesel dikarenakan sumber minyak nabati mudah diperoleh, bisa diperbarui (renewable), nontoksik serta dapat diurai secara alami (biodegradable) (Rahayu, 2005). Tidak hanya 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 bisa 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 bisa 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 bisa 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 memakai 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

Biodiesel dapat diperoleh melalui beberapa metode, antara lain yaitu :

1. Direct use and blending Metode ini didasarkan penggunaan langsung minyak nabati atau lemak hewan menjadi bahan bakar atau mencampurkannya dengan bahan bakar diesel. Keuntungan dari metode ini ialah 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 memiliki 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 adalah dekomposisi termal dari bahan bakar menjadi cairan (tar), gas, dan arang padat (char) dengan keadaan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam proses sangat sedikit. Kata pirolisis berasal dari Yunani yaitu “pyro” dan “lysis” yang berarti memecah menjadi beberapa bagian. Tujuan utama pirolisis yaitu untuk menghasilkan energi baru dari daur ulang material untuk menggantikan minyak dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Produk pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung atau juga bisa ditingkatkan kualitasnya sehingga bisa dimanfaatkan lebih baik. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam bahan bakar (Suwandono dkk, 2018).
4. 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, mempunyai 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. Selain itu, lebih dari 90 % biodiesel dapat terurai dalam 21 hari. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak atau lemak agar dapat memenuhi spesifikasi sebagai bahan bakar. Terdapat berbagai metode reaksi transesterifikasi melalui berbagai variasi bahan baku, jenis alkohol, katalis, temperatur reaksi, waktu reaksi, jenis reaktor dan proses pemisahan

Spesifikasi untuk biodiesel adalah SNI 04-7182-2015. SNI biodiesel ini disusun 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 2.1

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015

Parameter	Satuan	Batas 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	°C	Min.100
Titik Kabut	°C	Maks.18
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50°C)	°C	Maks.no.3
Residu Karbon	%berat	Maks. 0,05
Dalam contoh asli	-	(Maks. 0,03)
Dalam 10% ampas distilasi	-	
Air dan sedimen	%vol	Maks. 0,05
Temperatur distilasi 90%	°C	Maks.360
Abu tersulfatkan	%berat	Maks. 0,02
Belerang	Ppm-b (mg/kg)	Maks.100
Fosfor	Ppm-b (mg/kg)	Maks.10
Angka Asam	Mg-KOH/g	Maks. 0,8
Gliserol Bebas	%berat	Maks. 0,02
Gliserol Total	%berat	Maks. 0,24
Kadar ester alkil	%berat	Min. 96,5

Sumber : Badan Standarisasi Nasional

Biodisel 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 2.2

Tabel 2.2 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 biji bunga matahari	[Fe(HSO ₄) ₃]	Suhu = 205 °C Rasio minyak : alkohol = 1:15	94,5%

2.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah ialah minyak goreng yang digunakan beberapa kali pemakaian oleh konsumen. Minyak jelantah kaya akan asam lemak bebas (Pakphan dkk, 2013). Minyak jelantah juga merupakan minyak nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi warna coklat tua (Mahreni, 2010). Sifat dan komposisi asam lemak bebas dari minyak jelantah dapat dilihat Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat dan Komposisi Asam Lemak Bebas dari Minyak Jelantah untuk Produksi Biodisel. (Maneering, dkk, 2016)

Sifat	Minyak fresh	Minyak jelantah
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

Namun penggunaan minyak jelantah biasa dapat digantikan dengan minyak jelantah hasil penggorengan vakum atau *vacuum frying*. Minyak bekas penggorengan vakum mengandung lebih sedikit FFA dengan warna yang relatif lebih jernih setelah digunakan untuk menggoreng sebanyak 30 *batch* (Widyaningrum dkk 2008). Selain itu kandungan FFA pada minyak jelantah penggorengan vakum hanya 0.008% sehingga tidak diperlukan lagi proses esterifikasi (Ning, 2015). Kandungan FFA dan air di dalam minyak bekas berakibat negatif terhadap reaksi transesterifikasi, sebab metal ester dan gliserol menjadi sulit dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibanding dengan minyak segar karena disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam gliserol di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan.

Memahami sifat dan komposisi yang demikiaan itu, maka minyak jelantah juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel ini melalui dua tahapan utama, yakni: (i) proses esterifikasi menggunakan katalis asam yang bertujuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas dalam minyak goreng bekas; dan (ii) proses transesterifikasi menggunakan katalis basa untuk mengkonversi minyak menjadi biodiesel. Beberapa riset yang menggunakan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Penelitian sebelumnya

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 berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C. Semakin besar jumlah katalis basa yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi pada pembuatan metil ester, maka akan menyebabkan jumlah metil ester yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh reaksi berlebih dari katalis dengan trigliserida yang membentuk sabun dan menghasilkan produk samping berupa gliserol yang lebih banyak. Pembentukan sabun terlihat dari hasil transesterifikasi yang keruh pada sampel dengan jumlah katalis yang lebih banyak (Faizal, 2013).

Penggunaan katalis dalam berbagai reaksi kimia maupun proses industri semakin meningkat. Kemampuan katalis untuk meningkatkan kecepatan reaksi kimia menyebabkan proses kimia dengan menggunakan katalis bersifat lebih ekonomis. Katalis ditambahkan dalam sistem reaksi untuk mempercepat reaksi. Fungsi katalis di dalam reaksi adalah menyediakan situs aktif untuk mempertemukan reaktan serta menyumbangkan tenaga dalam bentuk panas sehingga akan memudahkan molekul reaktan untuk melewati tenaga pengaktifan.

Katalis mempunyai umur pakai. Umur pakai katalis atau waktu pakai katalis dapat didefinisikan sebagai periode selama katalis dapat memproduksi produk yang diinginkan dengan dengan hasil yang tidak jauh berbeda dengan kondisi awal. Umur pakai atau waktu pakai katalis sangat dipengaruhi oleh jenis reaktan yang digunakan, di samping tekanan dan temperatur yang digunakan dalam proses. Pemakaian katalis yang berulang-ulang akan menyebabkan aktivitas katalis akan semakin menurun (terjadi deaktivasi). Terjadinya deaktivasi ini tentu merupakan proses yang kurang menguntungkan secara ekonomis sehingga efeknya harus diminimalkan.

Pada kebanyakan katalis, aktivitas katalis akan turun secara tajam pada awal proses dan kemudian akan mencapai kondisi di mana penurunan aktivitas katalis berjalan lambat terhadap waktu . Beberapa penyebab penurunan aktivitas katalis adalah terjadinya pengotoran (fouling) pada permukaan katalis, terjadinya peracunan katalis (poisoning), terjadinya penggumpalan (sintering) (Lestari, 2011).

NaOH merupakan katalis basa yang banyak dipakai dibandingkan dengan katalis basa seperti KOH, hal ini disebabkan karena logam Natrium (Na) memiliki

kereaktifan yang lebih tinggi dibandingkan Kalium (K) (Maulana, 2011). Persentase NaOH sebanyak 0,6% dengan metanol 20% menghasilkan rendemen ester maksimum yaitu sebesar 87,3% (Hendra, 2014). Penggunaan NaOH untuk minyak bekas sebanyak 1 liter adalah sekitar 4,5 gram atau lebih, kelebihan penggunaan katalis ini diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas atau FFA yang banyak pada minyak goreng bekas (Fauzi dkk 2014).

Selain katalis basa (misalnya NaOH) yang digunakan khususnya pada reaksi transesterifikasi, H_2SO_4 (asam sulfat) juga digunakan dalam proses pembuatan biodiesel, khususnya dalam proses esterifikasi. Pada proses esterifikasi digunakan katalis H_2SO_4 yang melepas ion H^+ kemudian mengaktifkan gugus karboksilat sehingga terjadi reaksi dengan etanol (Widayat, 2008). H_2SO_4 merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat dan larut dalam air pada semua perbandingan. Katalis H_2SO_4 ini berfungsi untuk menurunkan nilai asam lemak bebas (FFA). Air yang terbentuk pada proses esterifikasi kemudian diuapkan dengan cara dipanaskan agar tidak terbentuk sabun pada reaksi transesterifikasi. Pada tahap reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa NaOH dan Metanol sehingga terbentuk biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi harus dianalisis untuk mengetahui kualitas dari produk biodiesel yang diperoleh. Pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jelantah dan katalis NaOH dan H_2SO_4 pada dasarnya ditunjukkan untuk memperoleh yield biodiesel optimum.

2.4. Metanol

Metanol dikenal sebagai metil alkohol merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Ia merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada

keadaan atmosfer metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan adiktif bagi industri etanol. (Wahyuni dkk, 2015).

Metanol ialah senyawa alkohol berrantai karbon terpendek dan bersifat polar. Sehingga bisa bereaksi lebih cepat dengan asam lemak dan dapat melarutkan semua jenis katalis (baik basa ataupun asam) dan lebih murah (Fangrui, 1999). Metanol sedikit larut dalam air, eter, dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar pada suhu 30°C, tekanan 1 atm metanol berada dalam fasa cair. Dalam pembuatan biodisel, diperlukan alkohol sebagai reaktanya. Alkohol tersebut diperlukan dalam jumlah lebih untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk (Budiman dkk, 2014).

Metanol mempunyai berat molekul 32,042, titik leleh -98°C dan titik didih 64°C. Biasanya methanol digunakan dalam proses transesterifikasi karena metanol harga yang lebih murah dan lebih mudah untuk di konversi (Indah, 2011

Tabel 2.5 Sifat Fisika-Kimia Methanol

Rumus Molekul	CH₃OH
Massa molar	32,04 g/mol
Penampilan	Tidak berwarna
Densitas	0,7918 g/cm ³ , liquid
Titik lebur	64,7°C, -142,9°F(337,8K)
Titik didih	-97°C, -142,9°F(176K)
Kelarutan dalam air	Mudah bercampur
Keasaman (pK _a)	~15,5
Viskositas	0,59 mPa·s at 20°C

2.5 Reaksi Transesterifikasi

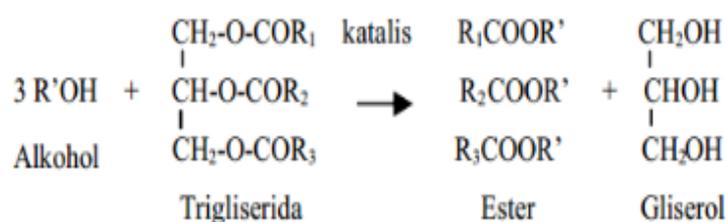
Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi reversible dan alkohol yang berlebih bergeser ke kesetimbangan menuju sisi produk. Semakin lama waktu transesterifikasi menyebabkan trigliserida minyak semakin banyak yang terkonversi menjadi metil ester. Hal ini disebabkan oleh jumlah trigliserida yang berkurang dan bereaksi dengan metanol membentuk asam lemak metil ester (Evy dkk, 2012).

Reaksi transesterifikasi juga merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Azis dkk, 2011).

Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak atau lemak agar dapat memenuhi spesifikasi sebagai bahan bakar. Terdapat berbagai metode reaksi transesterifikasi melalui berbagai variasi bahan baku, jenis alkohol, katalis, temperatur reaksi, waktu reaksi, jenis reaktor dan proses pemisahan (Speidel, 2000). Biodiesel diperoleh dari reaksi minyak tanaman (trigliserida) dengan alkohol yang menggunakan katalis basa pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga di hasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya metil ester atau sering disebut biodiesel) dan gliserol. (Fangrui, 1999).

Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam–asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal

sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. R' adalah gugus alkil dan R₁– R₃ merupakan gugus asam lemak jenuh dan tak jenuh rantai panjang (Azis dkk, 2011).



Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi

Selain itu transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi pembentukan metil atau etil ester dengan mereaksikan komponen minyak yaitu trigliserida dengan alkohol (metanol atau etanol) dibantu dengan katalis basa atau asam. Hasil sampingan dari transesterifikasi adalah gliserin. Reaksi transesterifikasi tidak akan berjalan selama masih terkandung asam lemak bebas di atas 7%. Oleh karena itu, dalam pembuatan biodiesel harus melalui dua tahap reaksi. Tahap pertama untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dan tahap kedua untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester (biodiesel) (Ambarita, 2002).

Transesterifikasi menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Transesterifikasi (disebut juga alkoholisis) adalah reaksi antara lemak atau

minyak nabati dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Biasanya dalam reaksi ini digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah yield produk. Karena reaksi ini adalah reaksi reversible, maka digunakan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (Hikmah, 2010).

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.
3. Reaksi komponen hasil antara dengan molekul alkohol menghasilkan ion alkoksida.
4. Penyusunan kembali komponen hasil antara menghasilkan ester dan gliserol (Enrewemandu dkk, 2009).

Pada dasarnya, proses ini juga bertujuan untuk mengubah trigliserida menjadi asam lemak metal ester (FAME). Kandungan asam lemak bebas (FFA) bahan baku merupakan salah satu factor penentu jenis proses pembuatan biodisel. Umumnya minyak murni memiliki kadar FFA rendah sekitar 2%, sehingga dapat langsung diproses dengan metode transesterifikasi. (Hambali dkk, 2007).

Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berdampak pada laju reaksi maupun besarnya konversi. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah: (Budiman dkk, 2014).

1. Jenis alkohol

Beberapa jenis alkohol yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi diantaranya metanol, etanol, propanol maupun butanol. Namun metanol paling banyak dipilih karena harganya yang relatif murah.

2. Perbandingan molar alkohol dan trigliserida

Reaksi transesterifikasi tergolong reaksi *reversible* sehingga untuk mendapatkan jumlah produk yang tinggi, perlu dilakukan upaya menggeser keseimbangan. Agar reaksi bergeser ke arah kanan (produk), jumlah reaktan harus dibuat berlebih. Maka dari itu pada proses transesterifikasi biasanya digunakan jumlah alkohol yang berlebih. Menurut stokiometri jumlah mol alkohol 3 kali lipat dari jumlah mol trigliserida. Namun berdasarkan hasil eksperimen, perbandingan molaritas keduanya yang memberikan konversi yang optimal ialah 6:1. Molaritas alkohol yang tinggi selain dapat meningkatkan konversi trigliserida juga dapat memperlambat terjadinya reaksi penyabunan.

3. Katalis

Penggunaan katalis berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi agar berjalan cepat. Katalis yang dapat digunakan dalam reaksi ini adalah katalis basa, katalis asam, dan katalis enzim. Katalis asam memberikan reaksi yang lebih lambat dari katalis basa. Sementara itu, katalis berupa enzim membutuhkan waktu yang jauh lebih lama dan biaya operasi yang tinggi meskipun kemurnian produk yang diperoleh sangat tinggi. Jadi katalis basa lebih disukai daripada jenis katalis lainnya.

4. Suhu Reaksi

Reaksi transesterifikasi tergolong reaksi eksotermis yang kenaikan suhunya justru menggeser keseimbangan reaktan. Akibatnya jumlah produk justru berkurang dan konversi turun. Suhu yang terlalu tinggi juga mengakibatkan viskositas biodiesel semakin rendah dan metanol atau etanol menguap. Oleh

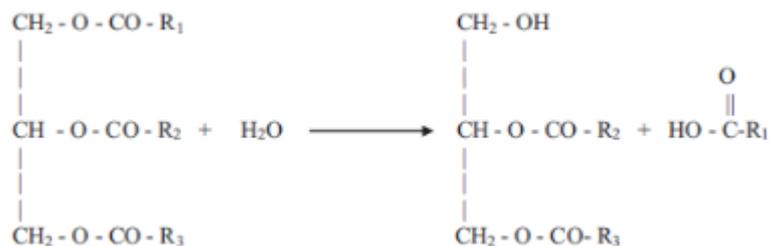
karena itu dipilih suhu reaksi dibawah titik didih metanol. Umumnya untuk reaksi transesterifikasi digunakan suhu reaksi pada kisaran 60-65°C

5. Air

Keberadaan air dapat menurunkan konsentrasi katalis sehingga dapat menurunkan laju reaksi. Karena sifat NaOH dan KOH yang higroskopis, hendaknya katalis dihindarkan dari uap air diudara dan CO₂ untuk menghindari reaksi samping yang tidak di inginkan.

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. 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 (Gerpen dkk, 2004].



Gambar 2.3 Hidrolisis Air dari Minyak Nabati atau Lemak Hewan Membentuk Asam Lemak Bebas

Jumlah kadar FFA maksimum pada minyak nabati jika menggunakan katalis basa adalah 3 %, jika melebihi kadar tersebut maka reaksi tidak dapat terjadi (Atadhasi dkk, 2013). 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 (Gerpen dkk., 2004). Jumlah katalis yang diperlukan untuk reaksi transesterifikasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$X_{\text{gram}} = (3,5 + y \text{ NaOH}) \text{ gram} \quad (2.1)$$

Dimana:

X = jumlah katalis (gram/liter minyak jelantah)

y = volume NaOH titrasi

2.6 Karakteristik Produksi Biodiesel

Biodiesel memiliki kadar SO_x , asap hitam dan bahan-bahan partikulat yang rendah, jika dibandingkan dengan diesel. Oleh karena itu, emisi yang dikeluarkan relatif bersih. Selain itu juga, terdapat keuntungan untuk menjaga keseimbangan karbon di bumi karena merupakan produk yang diturunkan dari biomassa. Selain itu, biodiesel mengandung oksigen dalam bentuk ester yang mempunyai kapasitas panas 11% lebih rendah. Namun, karena daya pelumasan dan emisi asap yang

kurang hitam, biodisel hampir sebanding dengan diesel di performa mesin (Booncock, 2002).

Beberapa karakteristik fisis yang akan diuji dan diambil data untuk dianalisis dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

2.6.1 FFA (*Free Fatty Acid*)

FFA yang dikenal dengan kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah bahan baku biodiesel. Kadar FFA minyak jelantah yang relatif tinggi perlu diturunkan melalui proses esterifikasi dengan bantuan katalis asam (H_2SO_4). minyak dengan kadar FFA tinggi (>2%) tidak dapat secara langsung diproses transesterifikasi, tetapi harus diturunkan kadar FFAnya melalui esterifikasi (Ahmad dkk, 2017).

Kadar FFA dilakukan untuk mengetahui kelayakan minyak jelantah untuk memproduksi biodisel. Kadar FFA yang diperbolehkan untuk membentuk biodisel dengan reaksi transesterifikasi maksimal 3%. Kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*) di dalam minyak jelantah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan FFA didalam minyak segar.

2.6.2 Viskositas

Viskositas merupakan gesekan yang terjadi antara lapisan-lapisan yang bersebelahan di dalam fluida. Viskositas pada gas diakibatkan oleh tumbukan antar molekul gas sedangkan viskositas pada zat cair terjadi akibat adanya gaya-gaya koheksi antar molekul zat cair (Giancoli, 2014). Viskositas berbanding terbalik dengan suhu. Jika suhu naik maka viskositas akan turun dan begitu pula sebaliknya. Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu

larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi pula, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut tiap satuan volume. Berat molekul terlarut ialah viskositas berbanding lurus dengan berat molekul terlarut. Tekanan ialah semakin tinggi tekanan maka semakin besar viskositas suatu cairan (Sani, 2010). Nilai viskositas sesuai SNI biodiesel ialah 2,3-6 CSt pada 40 °C. Viskositas mempunyai peranan penting dalam proses penginjeksian bahan bakar. Viskositas yang terlalu rendah bisa menyebabkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar sedangkan jika terlalu tinggi akan mempengaruhi kerja cepat alat 22 injeksi dan mempersulit pengabutan bahan bakar (Hardjono, 2001). Semakin tinggi viskositasnya semakin semakin kental dan semakin sukar mengalir (Sinarep dkk, 2011). Untuk pengukuran viskositas biodiesel disebut dengan viskositas kinematik. Satuan untuk viskositas kinematik adalah stoke dan centistoke. (Moechtar, 1989). Rumus untuk mencari hasil dari viskositas kinematik adalah:

$$V_{\text{simplo}} = C_1 \times t_1 \quad (2.2)$$

$$V_{\text{diplo}} = C_2 \times t_2 \quad (2.3)$$

2.6.3 Massa Jenis (*Densitas*)

Densitas merupakan jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume (Moechtar, 1989). Densitas suatu bahan tidak sama pada setiap bagiannya tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan. Satuan densitas ialah kg/m³. Dalam cgs adalah gram per centimeter kubik g/cm³, yang sering juga digunakan. Faktor konversi sangat berguna dimana 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ (Young dkk, 2002). Pengukuran densitas sebuah biodiesel bisa dilakukan

dengan menggunakan piknometer ukuran 25 ml dan timbangan digital. Nilai densitas bisa dihitung menggunakan rumus (Ketaren, 1986):

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{v} \quad (2.4)$$

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 memiliki densitas sebesar 887 kg/L pada 40 °C (Azis dkk 2011).

2.6.4 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala atau *flash point* ialah suhu terendah dimana uap yang ada diatas minyak dapat menyala sementara atau akan meledak seketika kalua ada api. Analisa titik nyala digunakan untuk menunjukkan indikasi jarak didih, dimana dibawah suhu tersebut minyak akan aman tanpa adanya bahaya api. Alat yang digunakan untuk analisa titik nyala diantaranya *open cup* dan *phensky marten*. Minyak dipanaskan dengan kecepatan 2-10°F per menit. Setiap pemeriksaan, nyala api diberikan ke uap minyak selama interval waktu 30 detik kemudian suhunya dicatat (Ali Fasya, 1998).

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 (Azis 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). Nilai titik nyala biodiesel tergantung pada kandungan metanol yang diberikan pada saat proses transesterifikasi atau menyesuaikan dengan rasio molar substrat. Minyak dengan berat molekul

rendah akan lebih banyak ditambahkan metanol begitu juga sebaliknya (Mittelbach, 2014). Titik nyala biodiesel tergantung pada bahan baku yang digunakan pada pembuatan biodiesel. Asam lemak bebas pada bahan baku secara tidak langsung akan mempengaruhi titik nyala biodiesel karena berkaitan dengan pembentukan *fatty acid methyl ester* (FAME) selama reaksi transesterifikasi (Lisdayanti, 2013).

Titik nyala minyak dan lemak dipengaruhi secara nyata oleh kandungan asam lemak bebasnya, kandungan gliserida tidak memberikan pengaruh yang berarti pada titik nyalanya. Panjangnya rantai karbon memiliki pengaruh yang signifikan terhadap titik nyala dibandingkan dengan derajat ketidakterjenuhannya (Prihandana, 2006). Tingginya titik nyala produk yang dihasilkan juga menandakan bahwa metanol sisa reaksi yang tertinggal hanya sedikit. Titik nyala berkaitan dengan residu metanol dalam biodiesel karena metanol mempunyai titik nyala yang rendah yaitu 11,11°C. Residu metanol dalam jumlah kecil menurunkan flash point yang berpengaruh terhadap pompa bahan bakar, seals dan elastomers serta dapat menghasilkan sifat-sifat yang jelek dalam pembakaran (Tyson, 2004).

Terdapat dua metode pengukuran titik nyala yaitu antara metode cawan tertutup dan terbuka. Pada cawan terbuka sampel ditampung dalam cawan terbuka yang dipanaskan pada interval tertentu, uap dibiarkan menghilang. Pada metode tertutup bekas perangkap uap yang berevolusi dalam ruang tertutup dimana uji nyala api diterapkan secara berkala (Wright, 2012; Kanna dkk, 2017).

Kinerja mesin diesel tidak berhubungan langsung dengan titik nyala dari biodiesel, akan tetapi titik nyala berhubungan dengan keamanan, terutama dalam

penanganan dan penyimpanan bahan bakar tersebut. Titik nyala tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan dalam suhu rendah. Sebaliknya bahan bakar dengan titik nyala rendah akan membahayakan karena tingginya (Hambali, 2007).

2.6.5 Titik Beku (*Freezing Point*)

Titik beku fluida adalah suhu di mana larutan tidak lagi larut sepenuhnya, mengendap sebagai fase kedua sehingga fluida tampak keruh. Istilah ini relevan untuk beberapa aplikasi dengan konsekuensi yang berbeda. Dalam industri perminyakan, titik beku mengacu pada suhu di bawah dimana lilin dalam solar atau biowax dalam biodiesel membentuk tampak keruh. Kehadiran lilin padat mengentalkan minyak dan menyumbat filter bahan bakar dan injektor di mesin. Lilin juga terakumulasi pada permukaan yang dingin dan membentuk emulsi dengan air. Oleh karena itu, titik beku menunjukkan kecenderungan oli untuk menyumbat filter atau lubang kecil pada suhu pengoperasian yang dingin. Dalam minyak mentah atau minyak berat, titik beku identik dengan suhu penampakan lilin dan suhu pengendapan lilin. Titik beku dari surfaktan nonionik atau larutan *glikol* adalah suhu dimana campuran mulai terpisah fasa dan muncul dua fasa, sehingga menjadi keruh (Dhananjay, 2011). Perilaku ini merupakan karakteristik surfaktan non-ionik yang mengandung rantai polioksietilen, yang menunjukkan kelarutan terbalik dengan perilaku suhu dalam air dan oleh karena itu "mengabur" di beberapa titik saat suhu dinaikkan. Glikol yang menunjukkan perilaku ini dikenal sebagai "glikol titik beku" dan digunakan sebagai penghambat serpih. Titik beku dipengaruhi oleh salinitas, umumnya lebih rendah dari beberapa cairan salin.

Titik beku (*freezing point*) juga merupakan temperatur suatu minyak mulai keruh bagaikan berkabut, tidak lagi jernih pada saat didinginkan. Jika temperatur diturunkan lebih lanjut maka akan didapat titik ruang (*pour point*) (Hariska dkk, 2012). Pour point merupakan suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gravitasi (Sri, 2010).

2.6.6 Nilai Kalor

Kalor adalah jika dua sistem yang temperaturnya berbeda-beda dipersatukan bersama, maka temperatur akhir yang dicapai oleh kedua sistem tersebut berada diantara dua temperatur permulaan (Zemansky dkk, 1986). Kalor juga didefinisikan sebagai proses transfer energi dari suatu zat ke zat yang lain dan diikuti dengan perubahan temperatur (Saripudin, 2009).

Nilai kalor ialah 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).

Kalorimeter merupakan sebuah pesawat yang pertukaran kalor dengan lingkungannya dibatasi sejauh mungkin. Kalorimeter digunakan berbagai macam pengukuran, misalnya panas jenis, panas destilasi, panas lebur, dan lainnya. Pada pengukuran kalorimeter harus dilakukan agar suhu awal dan suhu akhir kalorimeter terletak simetris terhadap suhu kamar. Jadi, apabila terjadi pelepasan

kalor ke lingkungannya dan penyerapan kalor dari lingkungannya, maka kedua jumlah kalor ini sedapat mungkin harus sama sehingga salah ukur yang diakibatkan menjadi rendah (Malville, 2014).

Kalorimeter dibedakan menjadi kalorimeter larutan dan kalorimeter bom. Kalorimeter bom adalah alat yang dipakai untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam oksigen berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, dan bahan bakar. Sejumlah sample ditempatkan pada tabung beroksigen yang dimasukkan dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), sampel tersebut dibakar oleh api listrik yang berasal dari kawat logam (pemanas) yang terpasang dalam tabung. Jika dianggap tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, maka:

$$Q_{reaksi} = - (Q_{air} + Q_{bom}) \quad (2.5)$$

Bom kalorimeter digunakan untuk mengukur kalor bakar zat padat atau zat cair. Kalor bakar ini diukur dengan kalorimeter pada volume yang konstan bukan pada tekanan konstan seperti pada kalorimeter yang biasa, karena kalorimeter ini mempunyai bejana reaksi yang tertutup yang disebut bom (Vorob'yov et al, 1997). Mengukur kalor bakar dengan kalorimeter bom dapat dilakukan melalui dua prosedur, yaitu prosedur isotherm dan adiabatik. Prosedur isotherm prinsipnya yaitu perpindahan kalor bergantung pada kelebihan suhu kalorimeter dari lingkungannya. Selisih suhu kamar dengan suhu kalorimeter awal yang lebih rendah harus sama dengan selisih suhu kamar dengan suhu kalorimeter akhir yang diperkirakan lebih tinggi daripada suhu kamar. Pada proses adiabatik, tidak terjadi pertukaran kalor antar sistem dan lingkungan. Proses adiabatik dapat terjadi jika sistem dan lingkungan dibatasi oleh sekat yang tidak dapat dilalui kalor (Abdullah, 2007).

Entalpi pembakaran dapat dihitung dari kenaikan perubahan temperatur yang dihasilkan ketika pembakaran reaksi terjadi pada kondisi adiabatik di dalam tabung kalorimeter. Hal yang harus diperhatikan yaitu terjadinya reaksi pada kalorimeter secara cepat dan lengkap. Bahan sampel yang dibakar pada bom menggunakan oksigen bertekanan 25 atmosfer. Prosedur ini terjadi pertukaran kalor antara ember dan mantel selalu sama dengan nol. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur suhu mantel air yang meliputi ember kalorimeter dengan sebuah sistem pemanas begitu rupa sehingga perubahan suhu mantel air menjadi persis sama dengan perubahan suhu ember yang ditempati bom, sehingga kalor yang timbul pada pembakaran hanya diserap oleh air yang ada dalam ember kalorimeter (Daniels, 1970).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan kali ini adalah penelitian yang bersifat eksperimen sekaligus menganalisa karakteristik fisis produk untuk biodisel sebagai bahan bakar pengganti solar dan dilakukan pengujian di PT Sucofindo Laboratorium dengan menggunakan metode ASTM dan SNI. Objek pada penelitian ini menggunakan minyak jelantah bekas penggorengan rumah tangga.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2021 sampai bulan Agustus 2021 di Jl Cipendawa, Kec. Rawalumbu, Kel. Bojong Menteng, Kota Bekasi dan di PT Sucofindo SBU Laboratorium, Cibitung, Gandasari, Kec. Cikarang Barat, Bekasi, Jawa Barat.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

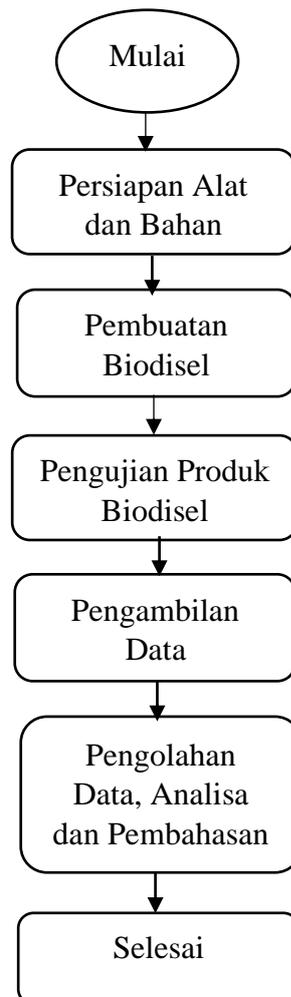
3.3.1 Alat Penelitian

- a) Beaker Glass 200ml, 1000ml
- b) Gelas Ukur 10ml
- c) Thermometer
- d) Panci
- e) Botol Aqua 1 liter
- f) Kertas Saring
- g) Erlenmeyer 50ml
- h) Pengaduk

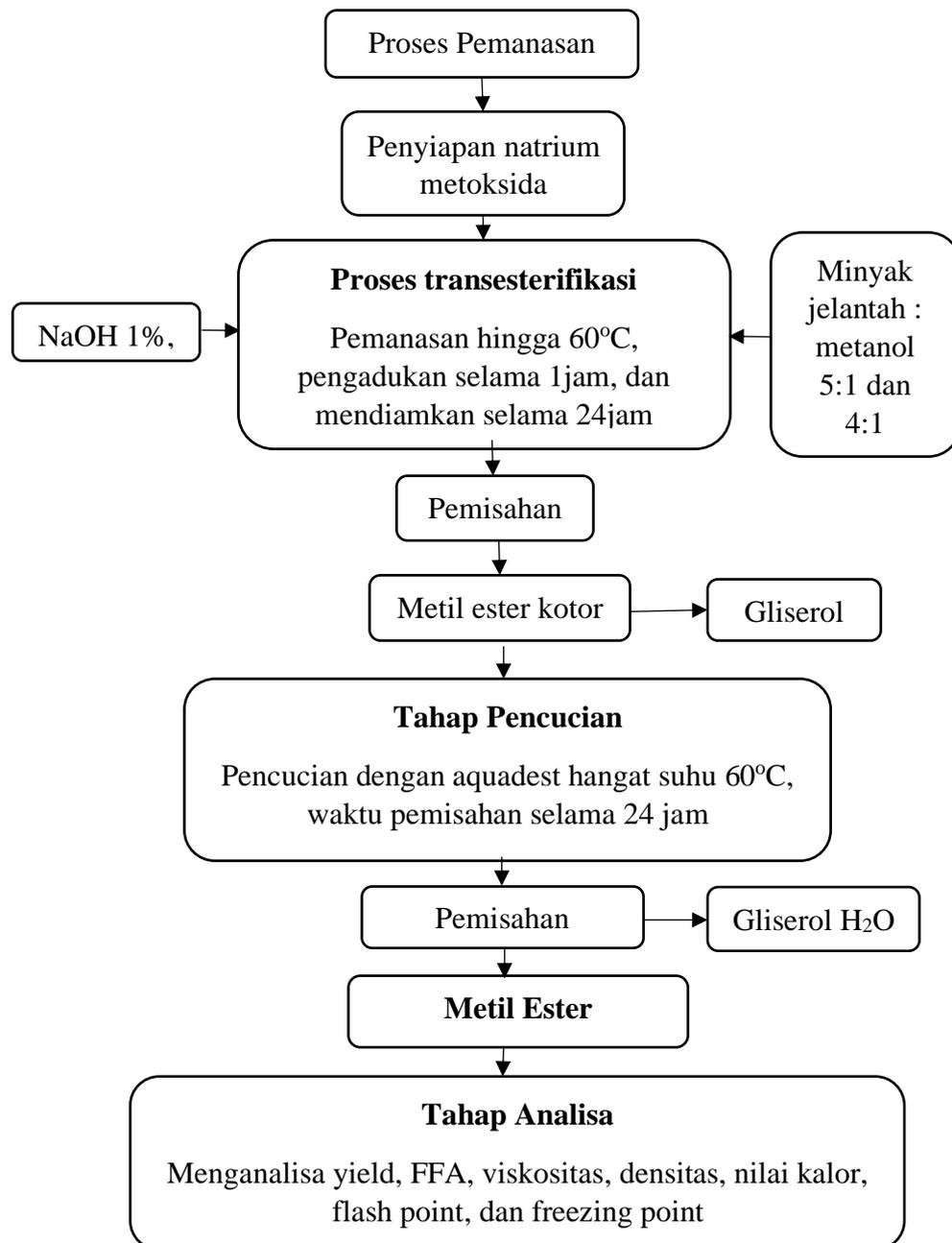
3.3.2 Bahan Penelitian

- a) Metanol 99%
- b) NaOH
- c) Indikator Fenolftalein
- d) Alkohol 95%
- e) Aquadest

3.4 Diagram Alir Penelitian



3.5 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Biodisel

3.5.1 Proses Pemanasan

1. Menyiapkan Minyak Goreng Bekas/ Minyak Jelantah.
2. Minyak jelantah disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan dari kotorannya.
3. Minyak jelantah hasil pemurnian kemudian dipanaskan 100°C - 130°C Menggunakan pengaduk untuk mengaduk agar menghilangkan uap air. Setelah air yang mendidih dalam minyak mulai hilang, kemudian mendinginkan untuk menghilangkan kandungan airnya.
4. Melakukan Analisa FFA pada minyak goreng bekas.

3.5.2 Proses Penyiapan Natrium Metoksida ($\text{Na}^+ \text{CH}_3\text{O}^-$)

1. Menyiapkan metanol, sebanyak 20 % dari volume minyak jelantah. Minyak jelantah yang diolah rasio 5:1 sebanyak 1000ml, volume metanol sebanyak 200 ml, dan rasio 4:1 sebanyak 800ml, volume metanol 200ml.
2. Menambahkan NaOH sebanyak 3,5ml ke dalam metanol, dan dicampur rata sampai terlarut sempurna, dan membentuk natrium metoksida.

3.5.3 Proses Transesterifikasi

1. Mencampurkan minyak jelantah yang sudah dipanaskan dengan natrium metoksida ke dalam botol aqua 1 liter.
2. Menggoyangkan agar tercampur rata.
3. Mendiarkannya selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan metil ester dan gliserol.
4. Memisahkan metil ester dan gliserol ke dalam botol aqua 1liter.

3.5.4 Proses Pencucian

1. Menuangkan metil ester ke dalam botol aqua 1 liter.
2. Menambahkan aquadest hangat dengan perbandingan terhadap volume lapisan atas 1:1.
3. Mendinginkan selama 24 jam hingga larutan tersebut membentuk dua lapisan.
4. Memisahkan lapisan atas (metil ester) dengan lapisan bawah.

3.6 Prosedur Karakterisasi Biodisel

Biodisel mengandung oksigen dalam bentuk ester yang mempunyai kapasitas panas 11% lebih rendah. Untuk mengetahui karakteristik biodisel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak jelantah diperlukan pengujian terhadap beberapa sifat-sifat fisik penting yang mempengaruhi kualitas produk biodisel. Adapun sifat-sifat penting biodisel yang perlu diuji, seperti FFA (*Free Fatty Acid*), dan untuk mengetahui nilai Viskositas, Densitas, Nilai Kalor, Titik Nyala (*flash point*), dan Titik Beku (*freezing point*) dilakukan pengujian di PT Sucofindo Laboratorium.

3.6.1 Penentuan Yield Biodisel

Yield merupakan perbandingan terhadap banyaknya biodisel yang diperoleh dengan jumlah minyak jelantah yang digunakan. Yield tersebut dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Yield = \frac{\text{Berat Biodisel}}{\text{Berat Minyak}} \times 100\% \quad (2.6)$$

3.6.2 Analisa FFA

1. Menimbang 10 gram minyak goreng bekas dan memasukkannya kedalam erlenmeyer.
2. Menambahkan 50 ml alkohol 95%.
3. Memanaskannya pada suhu 60°C selama 10 menit sambil diaduk.
4. Menambahkan indikator fenolftalein 1% sebanyak 3 tetes
5. Menitrasi dengan larutan NaOH 1 N hingga berubah warna menjadi merah jambu.
6. Menghitung kadar FFA dengan rumus :

$$\% \text{ Kandungan FFA} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM Minyak Jelantah}}{\text{gram sample}} \times 100\% \quad (2.7)$$

3.7 Pengambilan Data

Tabel 3.1 Pengambilan Data

Komposisi	FFA	Viskositas	Densitas	Titik Nyala	Titik Beku	Nilai Kalor	Yield
Minyak jelantah : Metanol 5:1							
Minyak Jelantah : Metanol 4:1							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah disintesis biodiesel dari minyak jelantah buangan rumah tangga yang terlebih dahulu kadar FFAnya telah diukur kurang dari 5%. Kemudian dengan menggunakan metode transesterifikasi pada suhu 60°C, minyak jelantah tersebut dicampurkan metanol dengan komposisi divariasikan 5:1 dan 4:1, dan katalis NaOH sebesar 1% dari masa minyak jelantah. Biodiesel yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan menentukan viskositas, densitas, nilai kalor, titik nyala, titik bekunya. Sebagaimana tercantum dalam Al-Quran pada surat Ar-Rum ayat 41-42 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ
(41) قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ ۚ كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُشْرِكِينَ (42)

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah: “Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah).” (Departmen Agama RI, 1999)

Berdasarkan ayat tersebut sebaiknya manusia memikirkan bagaimana penanggulangan penyelamatan lingkungan tersebut agar tidak menimbulkan kerusakan dimuka bumi salah satunya yang akan dikaji dalam penelitian ini dengan merubah minyak jelantah menjadi biodiesel.

4.1 Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah

Penentuan kadar FFA (Free Fatty Acid) ini bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah hasil buangan rumah tangga dengan menggunakan metode titrasi NaOH yang telah terstandarisasi, sehingga dapat ditentukan kelayakan minyak jelantah tersebut sebagai bahan dasar

untuk memproduksi biodiesel. Sebanyak 10 gram minyak jelantah dilarutkan ke dalam 50 mL alkohol di dalam Erlenmeyer untuk melarutkan asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak jelantah tersebut tanpa mengubah pH dari minyak jelantah itu sendiri. Lalu, larutan tersebut ditambahkan indikator PP (Fenolftalein) dan kemudian di titrasi dengan NaOH. Dalam hal ini PP digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan titik ekuivalen dari titrasi dengan ditandai adanya perubahan warna dari kekuningan menjadi merah muda. Volume NaOH rata-rata yang digunakan untuk titrasi adalah 1,1 mL. kemudian dilakukan perhitungan kadar FFA dengan menggunakan persamaan 2.7 sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Hasil perhitungan menunjukkan besarnya bahwa kadar FFA dari minyak jelantah yang akan digunakan sebagai bahan dasar biodiesel dalam penelitian ini adalah 3,1%, sehingga pembuatan biodiesel hanya melewati reaksi transesterifikasi. Kadar FFA yang diperbolehkan untuk membentuk biodiesel dengan reaksi transesterifikasi maksimal 3% (Ahmad dkk, 2017).

4.2 Yield Biodiesel

Yield biodiesel yang dihasilkan adalah salah satu faktor yang penting karena nantinya akan berpengaruh terhadap tingkat keekonomian. Pada penelitian ini yield biodiesel dengan rasio 4:1 adalah 10%; sedangkan yield biodiesel dengan rasio 5:1 adalah sebesar 28%. Berdasarkan dari hasil diatas terjadi perbedaan antara rasio 4:1 dan 5:1 sebesar 18%. Karena penggunaan katalis dalam pembuatan biodiesel akan menambah yield biodiesel yang dihasilkan Ichwan (2012). Menurut Azis (2011) semakin tinggi konsentrasi katalis, maka konversi reaksi semakin besar. Nilai yield biodiesel yang rendah diakibatkan juga karena

pencucian yang tidak maksimal, sehingga terbentuk cake pada lapisan membrane yang membuat jumlah produk yang tertampung semakin berkurang (Devi, 2014). Untuk memaksimalkan pencucian dengan menggunakan aquades pada suhu 40°C untuk menghilangkan sisa katalis dan pengotor selanjutnya biodiesel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama satu jam (Prayanto dkk, 2016). Bisa juga pada proses pencucian, biodiesel kotor dicampur dengan asam asetat 0,01% dan pembilasan dengan air hangat sampai pH air buangan netral (Sudradjat dkk, 2010). Penambahan katalis basa yang semakin banyak dapat menyebabkan reaksi saponifikasi yaitu, reaksi pembentukan sabun pada trigliserida. Pemisahan antara metil ester dan gliserol akan sulit dengan adanya emulsi akibat pembentukan sabun dan menyebabkan turunnya persen yield biodiesel. (Mantovani dkk., 2017) juga menyatakan hasil serupa bahwa semakin besar persen katalis semakin kecil persen yield biodiesel yang dihasilkan karena pada saat pencucian biodiesel, emulsi akan terbentuk didalam air akibat adanya partikel sabun.

4.3 Hasil Analisa Karakteristik Biodiesel

Setelah dilakukan pengujian yang dilaksanakan di PT Sucifindo SBU Laboratorium, maka dapat ditentukan karakteristik biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini. Tabel berikut ini menunjukkan perbandingan hasil uji minyak jelantah dengan standar nasional.

Tabel 4.3.1 Perbandingan hasil uji minyak jelantah dengan standar nasional rasio 5:1

No	Parameter	Hasil Uji Minyak Jelantah	Menurut SNI 7182-2012
1	Viskositas 40°C	9,223 mm ² /s	2,3-6,0 mm ² /s (cSt)
2	Densitas 40 °C	872,9 Kg/m ³	850-890 Kg/m ³
3	Flash Point	64°C	Min 100 °C
4	Freezing Point	5 °C	Maks 18 °C
5	Nilai Kalori	9515,1 Kcal/kg	10160-11000 cal/g

Tabel 4.3.2 Perbandingan hasil uji minyak jelantah dengan standar nasional rasio 4:1

No	Parameter	Hasil Uji Minyak Jelantah	Menurut SNI 7182-2012
1	Viskositas 40°C	7,653 mm ² /s	2,3-6,0 mm ² /s (cSt)
2	Densitas 40°C	870.0 Kg/m ³	850-890 Kg/m ³
3	Flash Point	58.0 °C	Min 100 °C
4	Freezing Point	6 °C	Maks 18 °C
5	Nilai Kalori	9445.1 Kcal/kg	10160-11000 cal/g

4.3.1 Viskositas Biodiesel

Viskositas kinematika adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan dalam sebuah bahan cairan untuk mengalir atau ukuran tahanan geser dari bahan cair. Viskositas kinematika juga merupakan salah satu karakteristik bahan bakar diesel yang sangat penting karena akan mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel (Riyanti, 2021).

Dalam proses transesterifikasi dimana asam lemak bereaksi dengan katalis NaOH dan membentuk sabun. Dengan adanya sabun yang dihasilkan dalam pembuatan biodiesel, mengakibatkan tegangan permukaan biodiesel menjadi tinggi. Apabila tegangan permukaan tinggi maka susah untuk memecah molekul senyawa tersebut. Hal ini berkaitan dengan tingkat kekentalan dari senyawa biodiesel tersebut. Sebagaimana tercantum dalam tabel 4.3.1 dan tabel 4.3.2 tersebut di atas diketahui bahwa viskositas biodiesel hasil penelitian pada suhu 40°C dengan katalis NaOH 1% rasio volume minyak jelantah:metanol 5:1

yaitu sebesar $9,223 \text{ mm}^2/\text{s}$, dan pada rasio volume minyak jelantah:metanol 4:1 didapatkan nilai viskositas yaitu sebesar $7,653 \text{ mm}^2/\text{s}$. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kedua komposisi biodiesel yang dihasilkan memiliki masing-masing nilai viskositas lebih besar dibandingkan dengan standar mutu biodiesel Indonesia. Syarat mutu untuk viskositas biodiesel berdasarkan SNI adalah 2.3-6,0 mm^2/s .

Hal ini terjadi karena jumlah/konsentrasi katalis NaOH yang digunakan pada pembuatan biodiesel terlalu banyak, sehingga nilai eror untuk biodiesel dengan rasio 5:1 didapatkan sebesar 0,53%; Sementara, biodiesel dengan rasio 4:1 adalah sebesar 0,27%. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel, maka semakin besar pula viskositas dari produk biodiesel yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh jumlah katalis basa yang lebih banyak mendorong terjadinya reaksi penyabunan. Reaksi ini dapat menimbulkan zat-zat sisa atau pengotor dari reaksi yang tidak terkonversi menjadi metil ester, dan akan menyebabkan viskositas metil ester semakin besar. Sebagaimana dijelaskan oleh Faizal (2013) bahwa penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan viskositas yang lebih rendah. Bahan bakar diesel yang terlalu rendah viskositasnya akan memberikan pelumasan yang buruk dan cenderung mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi. Sebaliknya, viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan asap kotor karena bahan bakar menjadi lambat untuk mengalir dan menyulitkan proses pengabutan bahan bakar (Triana, 2006). Viskositas biodiesel mempengaruhi proses atomisasi dan pembakaran bahan bakar, viskositas yang tinggi menghambat pembentukan

kabut pada proses atomisasi dan menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna (Kumar dkk, 2014).

Menurut (Prihandana dkk, 2016) kondisi viskositas semakin tinggi akan memiliki kemampuan mengalir akan semakin tinggi, karena akan mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Viskositas yang semakin tinggi juga memiliki sifat pelumas atau pelumasan dari bahan bakar yang lebih baik. Kondisi viskositas yang tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum tinggi dan memiliki kecenderungan bertumbukan dengan dinding silinder yang relatif lebih dingin, dan menyebabkan pemadaman *flame* dan peningkatan deposit, penetrasi semprot bahan bakar, dan emisi mesin. Menurut (Haryono, 2010) apabila viskositas belum memenuhi standar hal ini disebabkan belum tercapainya kondisi optimal pengkonversian minyak goreng bekas menjadi biodiesel dan belum sempurnanya proses pemurnian. Pada sub bab 4.3.1 ini viskositas biodiesel nilainya lebih besar dibandingkan dengan SNI. Karena pada saat jumlah katalis NaOH yang digunakan pada saat pembuatan biodiesel terlalu banyak, maka akan mengakibatkan reaksi penyabunan yang menyebabkan viskositas metil ester semakin besar. Jika nilai viskositas yang terlalu tinggi maka menyebabkan asap kotor karena bahan bakarnya menjadi lambat untuk mengalir dan menyulitkan juga pada proses pengabutan bahan bakar

4.3.2 Densitas (*Massa Jenis*) Biodiesel

Densitas menunjukkan perbandingan berat persatuan volume atau perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Semakin rendah suhu, maka berat jenis biodiesel akan semakin tinggi dan begitu

juga sebaliknya. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Densitas terkait dengan viskositas (Hasanatan,2012).

Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini pada suhu 40°C dengan katalis NaOH 1% rasio volume minyak jelantah:metanol 5:1 mempunyai nilai densitas yaitu sebesar 872,9 kg/m³, dan pada rasio volume minyak jelantah:metanol 4:1 yaitu sebesar 870,0 kg/m³. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai densitas biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini sesuai dengan range standar mutu biodiesel Internasional yaitu 850-890 kg/m³. Nilai eror dari densitas pada biodiesel rasio 5:1 didapatkan yaitu -0,019% dan pada rasio 4:1 sebesar -0,022%. Jika biodiesel mempunyai densitas melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin (Hasanatan, 2012). Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Hal ini belum sesuai literatur yang menyatakan semakin banyak jumlah katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel, maka semakin besar densitas dari produk biodiesel yang dihasilkan. Jumlah katalis basa yang lebih banyak mendorong terjadinya reaksi penyabunan dan dapat menimbulkan zat-zat sisa atau pengotor dari reaksi yang tidak terkonversi menjadi metil ester akan menyebabkan densitas metil ester semakin besar. Penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan densitas yang lebih rendah (Faizal, 2013).

Syamsidar (2013) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi massa jenis adalah penggunaan katalis basa. Jika penggunaan katalis basa berlebih maka akan menyebabkan reaksi penyabunan. Menurut (Andalia dkk, 2018) faktor gliserol yang terdapat dalam metil ester akan mempengaruhi densitas. Proses pencucian dan pemurnian kurang sempurna akan menyebabkan semakin besar kadar densitas. Semakin besar angka densitas akan berpengaruh terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena dibutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk diinjeksikan kedalam ruang pembakaran untuk mendapatkan tenaga mesin yang sama (Evi dkk 2012).

4.3.3 Titik Nyala (*Flash Point*) Biodiesel

Flash point merupakan titik nyala dari suatu bahan bakar pada suhu terendah dimana bahan bakar menghasilkan uap dan bercampur dengan udara dan membentuk campuran yang dapat menyala atau terbakar (Misbachudin, 2017). Standar Minimal untuk titik nyala biodiesel berdasarkan SNI 04-7182-2012 adalah 100°C.

Titik nyala dari biodiesel yang dihasilkan dengan katalis NaOH 1% pada penelitian ini rasio volume minyak jelantah:metanol 5:1 yaitu sebesar 64,0°C, dan pada rasio volume minyak jelantah:metanol 4:1 yaitu sebesar 58°C. Hal ini terjadi karena kelebihan metanol pada saat pembuatan biodiesel. Menurut (Dias dkk, 2008) titik nyala yang rendah mengindikasikan kelebihan metanol yang telah bereaksi sempurna, karena kelebihan metanol dapat menurunkan titik nyala. Titik nyala berhubungan dengan sisa metanol (alkohol), sisa alkohol dapat menurunkan titik nyala biodiesel, Jika titik nyala bahan bakar rendah, bahan bakar tersebut mudah terbakar dalam penyimpanannya (Bandjar, 2014). Jika

semakin tinggi nilai titik nyala suatu bahan bakar maka waktu penyalaan bahan bakar tersebut semakin lama pada mesin, karena kecepatan penguapannya (*Volatility*) yang lambat (Misbachudin, 2017) dan akan menyebabkan denotasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar (Efri dkk, 2019). Residu metanol dalam jumlah kecil menurunkan titik nyala yang berpengaruh terhadap pompa bahan bakar, seals dan elastomers serta dapat menghasilkan sifat-sifat yang jelek dalam pembakaran (Tyson dkk, 2004). Maka pada penelitian ini nilai titik nyala dari kedua perbandingan tersebut menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi standar nasional indonesia. Biodiesel yang dihasilkan akan mudah terbakar dan tentunya akan mengurangi keamanan dari mudah terjadinya kebakaran. (Hambali dkk, 2007) menyatakan kinerja mesin diesel tidak berhubungan langsung dengan titik nyala dari biodiesel, akan tetapi titik nyala berhubungan dengan keamanan, terutama dalam penanganan dan penyimpanan bahan bakar tersebut. Bahan bakar dengan titik nyala yang rendah akan membahayakan, karena akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar (Widyasturi, 2007). Pada sub bab 4.3.3 ini nilai titik nyala (*flash point*) lebih rendah dari standar mutu biodiesel indonesia, pada saat pembuatan biodiesel ini metanol yang dipakai terlalu banyak dengan konsentrasi 99%, jika titik nyala rendah bahan bakar tersebut akan mudah terbakar dalam penyimpanannya dan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk keruang bakar.

4.3.4 Titik Beku (*Freezing Point*) Biodiesel

Titik beku (*freezing point*) juga merupakan temperatur suatu minyak mulai keruh bagaikan berkabut, tidak lagi jernih pada saat didinginkan. Berdasarkan SNI-04-7182-2012 ambang batas *freezing point* biodiesel maksimum 18°C, sedangkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai *freezing point* pada penelitian ini rasio 5:1 adalah sebesar 5°C dan pada nilai *freezing point* rasio 4:1 didapatkan sebesar 6°C. Berdasarkan dari hasil data pengujian yang diperoleh dapat diketahui bahwa biodiesel dari minyak jelantah dari penelitian ini memiliki kualitas karakteristik *freezing point* yang bagus karena titik bekunya lebih kecil dari standar biodiesel SNI-04-7182-2012. Jika semakin tinggi nilai titik beku bahan bakar melebihi standar mutu biodiesel Indonesia, maka akan semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan bahan bakar untuk membeku. Pembekuan yang terjadi di dalam mesin dapat mengakibatkan kerusakan dan kemacetan mesin. (Alia dan Hilda, 2011). Titik beku sangat penting untuk menstater mesin dalam keadaan dingin dan untuk menangani minyak di dalam mesin maupun penyimpanannya (Bambang dan Edi, 2010). Maka dari penelitian biodiesel berbahan minyak jelantah ini telah memenuhi standar mutu biodiesel Indonesia dan dapat digunakan untuk daerah yang bersuhu rendah atau dingin seperti di negara Eropa dan tetap aman digunakan di daerah tropis (Ferry dan Wayan, 2013).

4.3.5 Nilai Kalor Biodiesel

Nilai kalor pembakaran menyatakan angka dan menyatakan jumlah panas/kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini,

yakni: biodiesel dengan rasio minyak jelantah:metanol 5:1 dihasilkan yaitu sebesar 9516,1 Kcal/kg, dan pada rasio minyak jelantah:metanol 4:1 didapatkan nilai kalor sebesar 9445,1 Kcal/kg. Nilai kalor tersebut dibawah standar mutu biodiesel indonesia yaitu sebesar 10160-11000 cal/g. Nilai kalor biodiesel dipengaruhi oleh senyawa penyusun yang tergantung pada bahan penyusun dasarnya. Peningkatan konsentrasi katalis menyebabkan kecepatan suatu reaksi menjadi meningkat dan juga meningkatkan jumlah tumbukan antar molekul-molekul, sehingga akan semakin banyak rantai karbon yang terputus, selanjutnya pemutusan rantai karbon ini berpengaruh pada berat molekulnya yang akan semakin mengecil dan menyebabkan nilai kalor pembakarannya akan semakin besar (Rahmat dan Fanani, 2008). Nilai kalor ini berkaitan dengan densitas dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar (Arum dan Pedy, 2019). Maka nilai kalor dari penelitian ini belum memenuhi standar mutu biodiesel Indonesia. Nilai juga kalor harus disesuaikan dengan kapasitas mesin yang digunakan, karena jika nilai kalor rendah akan menyebabkan kerusakan pada mesin itu sendiri (Prianto, 2018). Pada sub bab 4.3.5 nilai kalor penelitian ini lebih rendah dari SNI, jika nilai kalor terlalu rendah maka akan merusak mesin itu sendiri karena pada saat pembuatan biodiesel jumlah katalis yang digunakan terlalu banyak.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan hasil pengujian karakteristik biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis NaOH variasi parameter 5:1 dan 4:1 adalah sebagai berikut :

- a. Viskositas rasio 5:1 adalah 9,223 mm²/s dan rasio 4:1 adalah 7,653 mm²/s.
- b. Massa Jenis(*Densitas*) rasio 5:1 adalah 872,9 kg/m³, dan rasio 4:1 870,0 kg/m³.
- c. Titik Nyala (*Flash Point*) rasio 5:1 adalah 64°C, dan rasio 4:1 adalah 58.0°C.
- d. Titik Beku (*Freezing Point*) rasio 5:1 adalah 5°C, dan rasio 4:1 adalah 6°C.
- e. Nilai Kalori rasio 5:1 adalah 9515,1 Kcal/kg, dan rasio 4:1 adalah 9445,1 Kcal/kg.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini hanya denisitas dan titik beku (*freezing point*) telah memenuhi syarat mutu standar biodiesel Indonesia.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang didapatkan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya pada saat pembuatan biodiesel dengan mengurangi jumlah katalis basa NaOH.

2. Pada saat pembuatan biodiesel disarankan untuk mengurangi jumlah pemakaian metanol dan menurunkan konsentrasi metanol dibawah 99% .
3. Perlu memvariasikan rasio molar minyak jelantah:metanol untuk mencapai berbagai standar yang belum dicapai.
4. Menggunakan gelombang microwave untuk proses pemanasan dan mengurangi jumlah katalis NaOH agar memberikan yield yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Quran dan terjemahan. 2004. Departemen Agama RI. Jakarta: J-ART.
- A.Bandjar., I Wayan Sutapa., Rosmawaty., Nurlina Mahulau., 2014. “*Pengolahan Lemak Sapi Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Heterogen*”. Jurnal Penelitian Kimia Indonesia No. 1, Tahun 2014, 166-170.
- Abdullah, M. 2007. *Fisika dasar 1 (edisi revisi)*. Bandung: ITB.
- Aziz, I., Nurbayti, Siti., Ulum, B. 2011. *Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Valensi 2. 443-448.
- Ahmad Hanafie, Andi Haslinah, Qalaman, Akbar Made, 2017. *Pemodelan Karakteristik Biodisel Dari Minyak Jelantah*. Jurnal Teknik Kimia No. 02, Vol. 12, Oktober. 2017.
- Ambarita, M. 2002. *Transesterifikasi minyak goreng bekas untuk produksi metil ester (Tesis)*. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Anastropoulos, George; Zanniku, Ypatia; Stounas, Stamoulis; and Kalligeros, Stamatis. 2009. *Transesterification of vegetable oil with ethanol and characterization of the key fuel properties of ethyl esters*. Energies 2009,2,p:362-376.
- Alia Damayanti, Hilda Fatnasari. 2011. *Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Minyak Jarak Pagar Dalam Bahan Bakar Diesel Terhadap Emisi Hidrokarbon dan Karbon Monoksida*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institute Teknologi Sepuluh November.
- 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.
- Arismunandar W., Koichi Tsuda. 1997. *Motor Diesel Putaran Tinggi, Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Arum Setyawati, Pedy Artsan, 2019. “*Penggunaan Campuran Metanol-Etanol Pada Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Elektrolisis*”. Jurnal Kimia Bahan Indonesia Vol. 2, No. 1, Tahun 2019.
- Andalia, W., Pratiwi, I. “*Kinerja Katalis NaOH dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Bekas Goreng,*” Jurnal Tekno Global, Volume 7, No.02 Desember 2018. ISSN Print 2089-6018, ISSN Online 2502-2024, 2018
- Booncock D.G. 2002. *Biodisel Fuel From Waste Fats and oils: A process for converting fatty acid and tryglicerides*. Proc. Of Kyoto Univ In’t Symp.

On Post-Petrofuels in the 21st Century, Prospects in the Future of Biomass Energy, Montreal, Canada, 171-177. 2002.

- Bambang Wahyudi, Edi Mulyadi. 2010. *Kajian Prototipe Unit Ptoduksi Biodiesel Dari Limbah Industri Ikan*. Makalah Seminar Nasional Teknik Kimia. UPN Veteran Surabaya.
- Budiman,dkk. 2014. *Biodisel Bahan baku, Proses, dan Teknologi*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press. Daniels, F., R. A. Albert, J. W. Williams, C. D. Cornwell, P. Bender, J. E. Harriman. 1970. *Experimental Physical Chemistry*. United State of America: Mc-Graw Hill Company.
- Devi, I, N., Syarfi., Jecky Asmura. 2014. *Pengaruh Rasio Molar Umpan Terhadap Metanol dan Waktu Reaksi Proses Pembuatan Biodiesel Menggunakan Membran Reaktor*. Jurnal Online Mahasiswa, Vol 1, No. 1. Universitas Riau.
- Dhananjay, Singh. 2011. *Effect Of Different Additives On Cloud Point Of Non Ionic Surfactant*. Department Of Chemical Engineering National Institute Of Technology, Rourkela: India.
- Dias, J.M., Alvim-Ferraz, M.C.M., Almeida, M.F., 2008. *Comparison of the performance of different homogeneous alkali catalysts during transesterification of waste and virgin oils and evaluation of biodiesel quality*. Fuel 87, 3572– 3578.
- D. S. Prayanto, M. Salahudin, L. Qadariyah, dan Mahfud., 2016. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis NaOH Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Kontinyu*. Jurnal Teknik ITS, Vol 5, No. 1.
- Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah, S. Rosalinda. 2019. *Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Biodiesel Yang Dihasilkan*. Jurnal Idustri Pertanian, Vol. 01, No. 03, Halaman 46-60.
- 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.
- Encinar, J.M., J.F. Gonzalez, and A.R. Reinares. 2005. *Biodiesel from Used Frying Oil. Variabels Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel*. Ind. Eng. Chem. Res. Vol. 44(15): 5491 –5499.
- Evi.S., Edwar. F, “*Teknologi Pengolahan Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi*

sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel,” Jurnal Riset Industri, Vol. VI No. 2, 2012, Halaman 117 – 127, 2012.

- Fadhil, A.B., Bakir, E.T., 2011. *Production of Biodiesel from Chicken Frying Oil*. Pak. J. Anal. Environ. Chem. 12, 7.
- Fangrui, M. 1999. *Biodiesel production : a review*. 70: pp.1-15.
- Fasya, Ali Ismail 1998. *Teknologi Minyak dan Gas Bumi*. Univeristas Sriwijaya: Palembang.
- Faizal, M. 2013. *Pengaruh Kadar Methanol, Jumlah Katalis, dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi*. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 19, Desember 2013, 35.
- Fauzi, Oda dan Niamul Huda. 2014. *Diklat Teknologi Biodiesel Bagi Guru: “Pemanfaatan Biodiesel dan Limbah Produksi*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri/TEDC. Bandung.
- Felizardo, P., M.J.N. Correia, I. Raposo, J.F. Mendes, R. Berkemeier, and J.M. Bordado. 2006. *Production of Biodiesel from Waste Frying Oils*. *Waste Management*. Vol. 26: 487 – 494.
- Ferry Indra Darmawan, I. Wayan Susila. 2013. *Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 02. No. 01. Halaman 80-87.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1 (Diterjemahkan oleh Yuhilza Hanum)*. Jakarta: Erlangga.
- 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 Technol*. 86, 1087-1096.
- Hambali, E, S. Mudjalipah, dan A. H. Tambunan. 2005. *Teknologi Bioenergi*. Agro Media. 86 hlm.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Haryono,dkk. 2010. *“Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Bekas Menjadi Biodiesel”*. *Jurnal Penelitian Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung*. Hikmah, Maharani N., dan Zuliyana. *“Pembuatan*

Metil Ester dari Minyak Jelantah dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi". Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Hariska, A., Suciati, R.F. & Ramdja, A.F. 2012. *Pengaruh Metanol dan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi dengan Menggunakan Katalis K_2CO_3* . Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Jurnal Teknik Kimia.18(1):1-9.

Hikmah, N, 2010. *Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak dedak dan metanol dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Hasanaton, D. (2012). "*Pengaruh Ratio H_2SO_4 dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar*". Jurnal Teknik Kima No.2, Vol. 18, 29.

Ichwan, A, E. 2012. *Analisis Visualisasi dan Reaksi Dalam Peningkatan Konversi Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Pada Kolom Pancaran Dengan Circular Jet*. Fakultas Teknik Kimia. Universitas Indonesia.

Indah, T. 2011. *Katalis Basa Heterogen Campuran CaO & SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3.

J.Am. Oil Chem. Soc. Freedman,B., Pryde, E.H.dan Mounts, T.L., 1984. *Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils*.J. Am. Oil Chem.Soc.1638-1643.

Kanna, A Rajesh, dkk. 2017. *Experimental Analysis Of Flash Point Of Lubricating Oil*. International Refereed Journal Of Engineering and Science.

Kaya, C., Hamamci, C., Baysal, A., Akba, O., Erdogan, S., Saydut, A. 2009. *Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed 54 oil as a potential feedstock for biodiesel production*. Renewable Energy. 34. 1257-1260.

Kartika, Dwi., dan Senny Widyaningsih, 2012, *Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif*, Jurnal Natur Indonesia 14 (3), 219 – 226.

Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Pangan dan Lemak Pangan*. UI-Press : Jakarta.

Kumar, K.R., Channarayappa, Chandrika, K., Prasanna, K.T., Gowda, B., 2014. *Biodiesel production and characterization from nonedible oil tree species *Aleurites trisperma* Blanco*. Biomass Conv. Bioref.

- Leung, D..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.
- Lestari, D. Y. 2011. *Kajian Tentang Deaktivasi Katalis*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei 2011.
- Lisdayanti, R., C. A. Putrid dan W. Setyawati. 2013. Sintesis biodiesel dari minyak sisa pakai dengan variasi waktu reaksi dan ukuran Ba(OH)₂ sebagai katalis. *Jurnal Teknik Kimia*. 8(1): 12-16.
- Murni. 2010. *Kajian Eksperimental Pengaruh Temperatur Biodiesel Minyak Sawit Terhadap Performansi Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan*. Universitasn Diponegoro. 2010.
- Maulana, Farid. 2011. *Penggunaan Katalis NaOH dalam Proses Transesterifikasi Minyak Kemiri menjadi Biodiesel*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 8, No. 2, hal. 73 – 78.
- Mantovani, Seftiana Annisa, dan Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D. 2017. *Pengaruh Jumlah Katalis dan Waktu Reaksi Terhadap Konversi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Cao dari Kulit Telur*. Diploma thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 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.
- Mahreni dan Tatik Muji Setyoningrum, 2010, *Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Asam Padat (Nafion/SiO₂)*, EKSERGI, Volume X, Nomor 2.
- 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.
- Melville, J. 2014. UC Berkeley Colledge of Chemistry Chemistry 125 Physical Chemistry Laboratory Bomb Calorimetry and Heat of Combustion. California: The University of California.
- Moechtar. 1989. *Farmasi Fisika*.Gadjah Mada University Press.Yogyakarta.
- Mittelbach, M., Remschmidt dan Claudia. 2004. *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Boersedruck Ges. Vienna.
- Misbachudin. (2017). *Pengaruh Persentase Biodiesel Minyak Nyamplung -Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet*. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 8, No. 1 Tahun 2017:9-14, 11.

- Ning, G, R. 2105. *Transesterifikasi minyak jelantah hasil penggorengan vakum metode pemanasan microwave dengan variasi rasio molar dan debit pompa sirkulasi*. Tugas Akhir. Universitas Brawijaya Malang.
- Omar, W.N.N.; N. Nordin; M. Mohamed; and N.A.S. Amir. 2009. *A two step biodiesel production from waste cooking oil: optimization of pretreatment step*. Journal of Applied Sciences 9(17), p:3098-3103.
- Pahn, A.N and T.M. Pahn. 2008. *Biodiesel from waste cooking oil*. Fuel,87,p:3490- 3496.
- Patil, P.D., Deng, S. 2009. *Optimization of Biodiesel Production from Edible and Non Edible Vegetables Oils*. Fuel. 88. 302-306.
- 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.
- P. Suwandono, W. Wijayanti, and N. Hamidi. 2018. *Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetic Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetic Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni*. No. May 2015, 2018.
- Prihandana, R., R. Hendroko dan M. Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Prianto, D.W. 2018. *Pirolisis Sampah Plastik Bungkus Mie Instan dengan Memanfaatkan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Katalis*. Skripsi. Yogyakarta:Universitas Islam Indonesia.
- Rahayu, M. 2005. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel. Prospek Pengembangan Biofuel sebagai Substansi Bahan Bakar Minyak*.
- Rachmat, Addy, dan Zainal Fanani, 2018, *Pengaruh Kondisi Operasi dan Berat Katalis Cr/Mo Zeolit Alam Aktif Tersulfidasi Terhadap Kalor Pembakaran dan Densitas Produksi*.
- Riyanti, F. (2012). *Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (Terminalia catappa Linn)*. Jurnal Penelitian Sains Volume 15 Nomor 2(C) April 2012.
- R. Sudradjat, Endro Pawoko, D. Hendra dan D. Setiawan. 2010. *Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (Schleichera Oleosa L)*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 28 No. 4.

- Sani, 2010. PENGARUH PELARUT PHENOL PADA REKLAMASI MINYAK PELUMAS. Universitas Negeri Surabaya.
- Saripudin, A., D. R. K., & A. Suganda. 2009. PRAKTIS BELAJAR FISIKA 1 UNTUK SMA/MA KELAS X. Jakarta: pusat perbukuan departemen pendidikan nasional.
- 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.
- Sinarep dan Mirmanto. 2011. *Karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa yang Dihasilkan Dengan Cara Proses Pirolisis Kondensasi*. Jurnal Teknik Rekayasa, Vol. 12 No 1 Juni.
- Sahoo, P.K., Das, L. M. 2009. *Process Optimization for Biodiesel Production from Jatropa, Karanja and Polanga Oils*. Fuel. 88, 1588-1594.
- Speidel, H. 2000. *Biodegradability of new engineered fuels compared to conventional petroleum fuels and alternative fuels in current use*. Appl Biochem Biotechnol, 84-86, 879- 97.
- Sri Risnoyatiningih. 2010. *Biodiesel From Avocado Seeds By Transesterification Process*. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 5, No. 1, September 2010.
- Syam, Azhari Muhammad; Maulinda, Leni; Ibrahim, Ishak; and Muhammad, Syafari. 2013. *Waste frying oils based biodiesel: process and fuel properties*. Smart Grid and Renewable Energy, 4, p:281-286.
- Syamsidar, HS, "Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah," Jurnal Teknosains, Volume 7 Nomor 2, Juli 2013, Halaman 209 – 218. 2013.
- Tazi, I., Sulistiana. 2011. *Uji Kalor Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goreng Bekas*. Jurnal Neutrino. 2, 163-173.
- Tangsathitkulchaai., Sittichaitaweekul, Y., and Tangsathitkulchai, M. 2004. *Temperature Effect On The Viscosities Of Palm Oil And Coconut Oil Blended With Diesel Oil*. JAOCS, 81, 401-405. 2004.
- Triana, K. (2006). *Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa*. Bioteknologi 3 (1): 20-26, Mei 2006, ISSN: 0216-6887.

- Tyson, K. S., J. Bozell., R. Wallace., E. Petersen dan L. Moens. 2004. Biomass oil analysis research needs and recommendations. National Renewable Energy Laboratory.
- Vorob'yov, L. I., T. G. Grishchenko, dan L. V. Dekusha. 1997. Bomb Kalorimeters for Determination of The Specific Combustion Heat of Fuels. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 5(70): 829.
- Wahyuni, S., dkk. 2015. *Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah*. *Pillar of Physics*.
- Widyaningrum, dkk. 2008. *Pengaruh cara penumbuhan dan suhu penggorengan vakum terhadap sifat kimia dan sensori keripi buncis (paseolus radiatus) Muda*. *Jurnal Pascapanen* 5(2) : 45-44.
- Widyastuti,L 2007. "Review Proses Produksi Biodiesel dengan Menggunakan Membran Reaktor". Fakultas Teknologi Industri : ITB, Bandung.
- Widayat dan Hantoro Satriadi. 2008. *Optimasi Pembuatan Dietil Eter dengan Proses Reaktif Distilasi*. *Jurnal Reaktor*. Vo. 12 No.1. Hal: 7-11.
- Wright, A.A dan Wilson, T.S. 2012. *FlashPoint Of Marine Distillate Oil Fuels*. Llyod's Register FOBAS.
- Yuniarsi, K. 2007. *Coco Methylester (Cocodiesel) Sebagai Bahan Bakar Pengganti Solar*. *Jurnal Akta Kimindo*, 3,17-20. 2007.
- Young, Hugh D., Freedman, Roger A. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid I*.Erlangga .Jakarta.
- Zemansky, M. W. & R. H. Dittman. 1986. *Kalor dan Termodinamika Edisi Keenam*. Bandung: ITB.
- Zhang, Y.; Dube, M.A.; McLean, D.D.; and Kates, M.2003. *Biodiesel production from waste cooking oil 1: process design and technological assessment*. *Bioresource Technology* Vol.89, p:1-16.

LAMPIRAN

Lampiran I Data Hasil Penelitian

Data Hasil Pengujian Biodiesel 4:1

Report No. 26509/CNBPAO
Date: July 13, 2021


SUCOFINDO
 Issuing Office:
 Jl. Arteri Tol Cibitung No. 1, Cibitung Bekasi 17520, Indonesia
 Phone/Fax: +62 21 88321176/021 88321166
 Email: cs.cbt@sucofindo.co.id

REPORT OF ANALYSIS

The following sample (s) was submitted and identified by the client as :

CLIENT : GINA FIKRIA
Jl. Cipandewa RT. 04 RW. 07 Kel. Bojong Menteng
Kec. Rawa Lumbu, Kota Bekasi
Bekasi Timur - 17111

TYPE OF SAMPLE : BIODIESEL

DATE RECEIVED : July 1, 2021

DATE OF ANALYSIS : July 1, 2021 to July 7, 2021

TESTED FOR : Density at 40 °C, Kinematic Viscosity at 40 °C, Flash Point
PMcc, Freezing Point and Calorific Value

DESCRIPTION OF SAMPLE : Form : Liquid
Volume : 1500 mL
Packing : Unsealed Bottle
1 (One) sample

SAMPLE IDENTIFICATION : BIODIESEL (CRACKING CPO + NA-BENTONIT)

YOUR REFERENCE : -

Parameters	Units	Results	Methods
Density at 40 °C	kg/m ³	870.0	SNI 7182-2015
Kinematic Viscosity at 40 °C	cSt	7.653	SNI 7182-2015
Flash Point PMcc	°C	58.0	SNI 7182-2015
Freezing Point	°C	+6	ASTM D97-17b
Calorific Value, Gross	kcal/kg	9445.1	ASTM D240-19
Calorific Value, Gross	BTU/lb	17001	ASTM D240-19

This test result (s) related to the sample (s) submitted only and the report / certificate cannot be reproduced in any way, except in full context and with the prior approval in writing from Sucofindo Laboratory.
This Certificate/report is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.sucofindo.co.id

Sub Dept. Oil & Gas Laboratory



 Masri

CBT103.1.00728321


 7326230
 SCI-2007AC

Data Hasil Pengujian Biodiesel 5:1

Laporan No. 24241/BNBPAO
Tanggal: 1 Juli 2021



Kantor Penerbit:
Jl. Arteri Tol Cibitung No. 1, Cibitung Bekasi 17520
Telp./Faksimili: 021 88321176/021 88321166
Email: cs.cbt@sucofindo.co.id

LAPORAN ANALISIS

Contoh berikut telah disampaikan dan diidentifikasi oleh pelanggan sebagai berikut :

NAMA PELANGGAN : GINA FIKRIA
Bojong Menteng RT. 004 RW. 007
Kel. Bojong Menteng, Kec. Rawalumbu
Kota Bekasi – Jawa Barat

JENIS CONTOH : BIODIESEL

TANGGAL DITERIMA : 17 Juni 2021

TANGGAL ANALISA : 17 Juni – 1 Juli 2021

ANALISA / UJI : *Viscosity 40°C, Density 40°C, Calorific Value, Flash Point, Freezing Point*

KETERANGAN CONTOH : Bentuk : Cair
Kemasan : Botol
Volume : 1500 mL
1 (Satu) Contoh

IDENTIFIKASI CONTOH : Merk : Minyak jelantah/Minyak goreng bekas
Model : Oil Rasio 5:1

REFERENSI : -

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode
- <i>Viscosity 40°C</i>	mm ² /s	9.223	ASTM D445-19a
- <i>Density 40°C</i>	kg/L	0.8729	ASTM D4052-18
- <i>Calorific Value, Gross</i>	Kcal/kg	9516.1	ASTM D240-19
- <i>Flash Point</i>	°C	64.0	ASTM D93-20
- <i>Freezing Point</i>	°C	5.0	ASTM D97-17b

Hasil uji ini hanya terkait dengan contoh uji yang diserahkan saat itu saja dan laporan/sertifikat hasil uji tidak dapat direproduksi dengan cara apapun, kecuali dalam konteks penuh dan dengan persetujuan tertulis sebelumnya dari Laboratorium Sucofindo.
Penerbitan Sertifikat/Laporan ini tunduk pada Syarat dan Ketentuan Umum layanan jasa PT. SUCOFINDO (PERSERO), yang salinannya dapat diperoleh atas permintaan atau dapat diakses pada www.sucofindo.co.id

CBT101.2.00667421



3863520

Sub Bagian Umum

Muhidin

Lampiran II Gambar Penelitian



Minyak Jelantah



Bahan Pembuatan Biodiesel



Biodiesel 4:1



Biodiesel 5:1



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Gina Fikria
NIM : 17640008
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Fisis Produk Biodiesel Berbahan Minyak Jelantah
Pembimbing I : Drs. Cecep Rustana, BSc(Hons), PhD
Pembimbing II : Dr. Imam Tazi, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	27 Febuari 2021	Konsultasi Bab I dan II	
2	7 Maret 2021	Konsultasi Bab III	
3	4 Agustus 2021	Konsultasi Kajian Agama Bab I	
4	25 Agustus 2021	Konsultasi Data Hasil di Bab IV	
5	28 Agustus 2021	Konsultasi Bab IV	
6	18 September 2021	Konsultasi Bab V	
7	1 November 2021	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
8	20 Desember	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	



Malang, 16 Desember 2021
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Dr. Imam Tazi, M.Si.

NIP. 197410730 200312 1 002