

**STUDI EKSPERIMENTAL DENSITAS DAN BILANGAN
IODIN *BIODIESEL* DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG
LIMBAH**

SKRIPSI

**OLEH:
SAPRIADI SITINJAK
198130006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/5/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)16/5/24

HALAMAN JUDUL

STUDI EKSPERIMENTAL DENSITAS DAN BILANGAN IODIN *BIODIESEL* DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

SAPRIADI SITINJAK
198130006

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Studi Ekpesrimental Densitas Dan Bilangan Iodin
Biodiesel diporduksi dari Minyak Goreng Limbah
Nama Mahasiswa : Sapriadi Sitinjak
NIM : 198130006
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Muharomad Idris, ST.MT.)
Pembimbing I


(Dr. Eng. Sapriatno, ST.MT.)
Dekan


(Dr. Suwito, ST.MT.)
Ka. Prodi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 26 Maret 2024



Sapriadi Sitinjak

198130006

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sapriadi Sitinjak
NPM : 198130006
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Studi Ekperimental Densitas Dan Bilangan Iodin *Biodiesel* diproduksi dari Minyak Goreng Limbah”

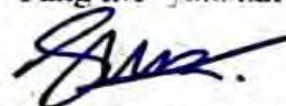
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan,

Pada Tanggal : 26 Maret 2024

Yang menandatangani



(Sapriadi Sitinjak)

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan yang sangat potensial untuk menggantikan bahan bakar solar. Bahan bakunya dapat diperbaharui dan bersifat ramah lingkungan. Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kadar asam lemak bebas yang tinggi dalam minyak goreng bekas memerlukan pretreatment (esterifikasi) dalam proses pembuatan biodiesel. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan dilanjutkan dengan tahap transesterifikasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hasil dari variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min dengan temperature 65°C dan putaran 1050 rpm pada densitas dan bilangan iodin biodiesel. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak goreng limbah. Penelitian ini menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan mereaksikan katalis dan metanol kemudian dicampurkan dengan minyak goreng limbah secara bersamaan. Variasi konsentrasi katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah metanol 1:2 dan 0.5% NaOH dari jumlah minyak goreng limbah. Kemudian hasil transesterifikasi didapatkan selama kurang lebih 10 menit. Hasil pengendapan biodiesel dan gliserol dipisahkan, setelah itu biodiesel dicuci menggunakan aquades dengan suhu 50°C dan diuapkan pada suhu 90-100°C. Hasil uji densitas dan pada konsentrasi katalis metanol 1:2 dan 0.5% NaOH adalah 60 menit 858.5°C, 70 menit 858.5°C, 80 menit 858.5°C, 90 menit 858.7°C, dan 1000 menit 858.4°C. dan bilangan iodin waktu reaksi 60 menit 87.2, 70 menit 88.3, 80 menit 90.2, 90 menit 92.3, dan 100 menit 82.3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil dari densitas dan bilangan iodin telah sesuai dengan standard mutu biodiesel dan layak digunakan ESDM.

Kata Kunci : Biodiesel, Katalis Natrium Hidroksida, metanol, Minyak goreng limbah

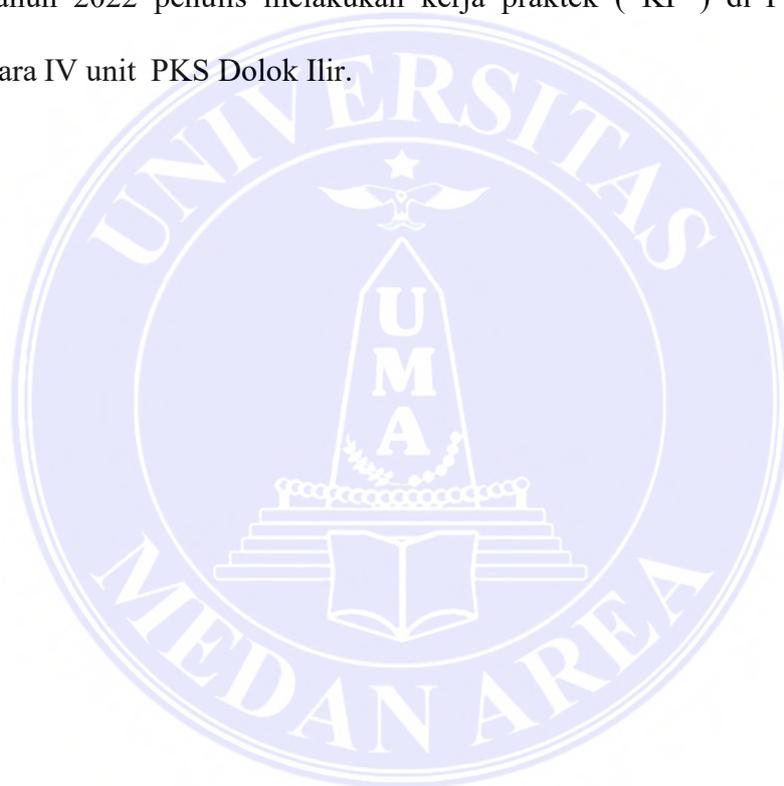
ABSTRACT

Biodiesel is a highly potential material to replace diesel fuel. Its raw material is renewable and environmentally friendly. Used cooking oil can be used as a feedstock for biodiesel production. The high levels of free fatty acids in used cooking oil require pretreatment (esterification) in the biodiesel production process. Therefore, this research involves two stages of reactions: esterification followed by transesterification. The aim of this study is to determine the impact of varying reaction times (60, 70, 80, 90, 100 minutes) at a temperature of 65°C and a speed of 1050 rpm on the density and iodine number of biodiesel. The feedstock used in biodiesel production is waste cooking oil. The research employs esterification and transesterification processes by reacting catalyst and methanol, then mixing them simultaneously with waste cooking oil. The variations in catalyst concentrations used in this study are methanol 1:2 and 0.5% NaOH of the total amount of waste cooking oil. The transesterification results are precipitated for approximately 10 minutes. The separated biodiesel and glycerol are then washed with deionized water at 50°C and evaporated at temperatures of 90-100°C. The density test results at a methanol 1:2 and 0.5% NaOH catalyst concentration are as follows for different reaction times: 60 minutes 858.5°C, 70 minutes 858.5°C, 80 minutes 858.5°C, 90 minutes 858.7°C, and 100 minutes 858.4°C. The iodine number results for reaction times are: 60 minutes 87.2, 70 minutes 88.3, 80 minutes 90.2, 90 minutes 92.3, and 100 minutes 82.3. The research findings indicate that the density and iodine number results comply with biodiesel quality standards and are suitable for use according to the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM)

Keywords: *Biodiesel, Sodium Hydroxide Catalyst, methanol, waste cooking oil*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sosor Galung, Desa.Pardamean Sibisa, Kec, Ajibata, Kab.Toba Samosir, Prov, Sumatra Utara pada tanggal 10 Juni, dari ayah Bernama Josmar Sitinjak dan ibu Bernama Sonta Sirait. Penulis merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Tahun 2017 penulis lulus dari SMK HKBP P.Siantar dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 penulis melakukan kerja praktek (KP) di PT Perkebunan Nusantara IV unit PKS Dolok Ilir.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunianya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema dalam penelitian ini adalah konversi energy dengan judul “Studi Eksperimental Densitas Dan Bilangan Iodin Biodiesel Diproduksi Dari Minyak Goreng Limbah”.

Terimakasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Idris, ST, MT. selaku dosen pembimbing penulis, yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada ayah ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 26 Maret 2024

Penulis.



Sapriadi Sitinjak

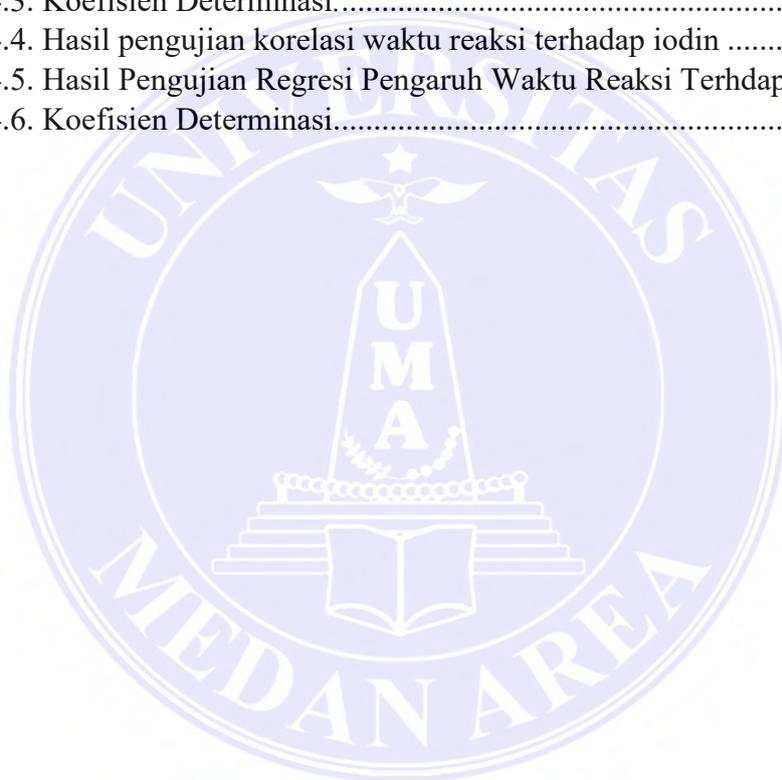
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.1 Perumusan Masalah.....	4
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Hipotesis Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Minyak Goreng.....	6
2.2 Proses degumming.....	8
2.3 Proses esterifikasi.....	8
2.4 Proses Transterifikasi.....	8
2.4.1 Metanol.....	10
2.4.2 Katalis.....	11
2.5 Biodiesel.....	12
2.5.1 Sifat Baku Mutu Diesel.....	14
2.5.2 Sifat-Sifat Penting Biodiesel.....	16
2.6 Uji regresi.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	23
3.1.1 Waktu Penelitian.....	23
3.1.2 Tempat Penelitian.....	23
3.2 Bahan dan Alat.....	23
3.5.1 Bahan.....	24

3.5.2 Alat.....	25
3.3 Metode Penelitian.....	27
3.4 Populasi Dan Sampel Biodiesel	27
3.5 Prosedur Kerja.....	28
3.5.1 Prosedur pembuatan biodiesel	28
3.5.2 Prosedur Pengujian Biodiesel	29
3.5.3 Diagram Alir Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil	33
4.1.1 Hasil pengujian densitas.....	33
4.1.2 Hasil Regresi Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Densitas ..	34
4.1.3 Hasil pengujian bilangan iodin	36
4.2 Pembahasan.....	40
4.2.1 Densitas	40
4.2.2 Bilangan iodin	41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran.....	45
LAMPIRAN	46
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat minyak jelantah	7
Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah	7
Tabel 2.3. Sifat Sifat Dan Kima Metanol.....	11
Tabel 2.4. Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 2019	14
Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN)	15
Tabel 2.6. Standar ASTM	16
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik densitas Biodoesel	33
Tabel 4.2. Hasil pengujian waktu reaksi terrhadap densitas.	35
Tabel 4.3. Koefisien Determinasi.....	36
Tabel 4.4. Hasil pengujian korelasi waktu reaksi terhadap iodin	37
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Regresi Pengaruh Waktu Reaksi Terhdap Iodin.....	39
Tabel 4.6. Koefisien Determinasi.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi transterifikasi	12
Gambar 2.2. Hasil pengujian bilangan iodin.....	38
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4.1. Hasil pengujian densitas.....	34



DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1. Data sheet hasil pengujian densitas dan bilangan iodin.....	46
---	----



DAFTAR NOTASI

ml NaOH	:	jumlah ml NaOH untuk titrasi (l)
N	:	normalitas larutan NaOH (mol/l)
M	:	massa sampel (kg)
BM NaOH	:	bobot molekul NaOH (kg/mol)
v titran	:	volume titran blanko (mL)
v titran	:	volume titran (mL)
m lemak	:	massa lemak (gram)
N tiosulfat	:	natrium tiosulfat (N)
Bs	:	bilangan sabun (mg KOH/g biodiesel)
Vb	:	volume HCl untuk titrasi blanko (l)
Vc	:	volume HCl untuk titrasi sampel (l)
N	:	normalitas larutan HCl N
M	:	berat sampel biodiesel (kg)
ρ_{bd}	:	massa jenis biodiesel (kg/m ³)
M	:	massa sampel biodiesel (kg)
V	:	volume (m ³)
μ_{bd}	:	Viskositas biodiesel (cST)
K	:	Koefisien bola baja <i>stainless</i> (mPa.s.m ³ /kg.s)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi dunia, terutama di Indonesia, saat ini semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan ekonomi. Sumber energi yang tersedia saat ini, terutama sumber minyak, sangat terbatas di beberapa bagian dunia dan semakin cepat habis karena eksploitasi yang cepat. Menipisnya cadangan minyak menyebabkan munculnya sumber energi alternatif, termasuk biodiesel (Haryanto et al. 2015)

Meningkatnya penggunaan minyak tak terbarukan menimbulkan masalah yang harus diantisipasi, yaitu pencarian energi alternatif terbarukan. Minyak merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Dibutuhkan jutaan atau bahkan ratusan juta tahun untuk mengubah sumber daya minyak bumi menjadi minyak. Peningkatan konsumsi minyak menyebabkan penipisan minyak (Indra Darmawan and Susila 2013)

Produksi mesin diesel di seluruh dunia memiliki dampak yang signifikan, meskipun penggunaan bahan bakar diesel terbatas, ada opsi untuk menggunakan biodiesel dalam mesin diesel. Biodiesel adalah jenis bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak beracun, dan memiliki kadar belerang yang rendah (Idris et al. 2023).

Biodiesel adalah ester asam lemak yang diperoleh dari minyak nabati atau hewani dengan reaksi transesterifikasi atau esterifikasi dan digunakan sebagai bahan bakar solar. Potensi yang dihasilkan oleh biodiesel tidak diragukan lagi

untuk menggantikan minyak solar. Biodiesel berasal dari pakan minyak nabati dan hewani, sehingga dapat diperbaharui secara berkala untuk produksi, mudah diperoleh dan harganya relatif stabil (Aziz 2010)

Penggunaan mesin diesel dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia akibat emisi gas buang mesin diesel bensin. Biodiesel berasal dari berbagai pakan minyak nabati dan hewani dan karenanya saat ini merupakan solusi terbaik untuk mengurangi pencemaran udara lingkungan (Saravanan et al. 2018).

Karena kualitas pembakaran yang baik dan tingkat emisi gas buang yang rendah, penelitian bahan bakar alternatif, khususnya biodiesel, sangat dianjurkan. Bahan baku yang biasanya digunakan dalam produksi biodiesel adalah minyak nabati dan minyak nabati yang tidak dapat dimakan dan dapat dimakan. Produksi minyak jelantah paling signifikan dibandingkan minyak lainnya karena ketersediaan minyak jelantah cukup besar terutama di Indonesia, dan biaya produksi biodiesel relatif lebih murah (Kolakoti, Setiyo, and Waluyo 2021).

Dengan semakin meningkatnya konsumsi minyak jelantah, kemungkinan penggunaan minyak jelantah semakin meningkat. Minyak goreng yang digunakan hingga saat ini masih digunakan berulang kali dalam industri pangan. Penggunaan minyak jelantah dalam pengolahan makanan dapat berbahaya bagi kesehatan dan menyebabkan kanker. Salah satu cara untuk mengurangi limbah minyak jelantah adalah dengan mengolah minyak jelantah menjadi biodiesel (Haryanto et al. 2015)

Minyak jelantah mudah ditemukan di negara-negara padat penduduk seperti negara kita yaitu india, dan juga di Cina dan India, minyak yang dimasak oleh ibu rumah tangga biasanya dibuang begitu saja sehingga mengakibatkan

pencemaran lingkungan dan limbah minyak jelantah di hotel atau di tempat lain. Restoran juga kebanyakan dibuang, yang berbahaya bagi lingkungan dan mematikan bagi kehidupan selanjutnya. Mengkonversi minyak jelantah menjadi sumber energi yang berguna dan membantu mengurangi ketergantungan impor dan meningkatkan lapangan kerja lokal. Sifat biodiesel minyak jelantah juga sesuai dengan standar internasional ASTM dan EN (Gnanaprakasam et al. 2013)

Biodiesel dibuat dari minyak goreng bekas dengan reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan metanol. Proses transesterifikasi merupakan reaksi kimia dimana gugus gliserol (gliserol) pada molekul minyak nabati (trigliserida) digantikan oleh molekul monoalkohol seperti metanol. Reaksi ini dapat dilakukan dengan mencampurkan minyak nabati dengan NaOH dalam metanol dan menghasilkan produk biodiesel (Andalia and Pratiwi 2018)

Katalis adalah zat yang mempercepat laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi, tetapi zat tersebut tidak sepenuhnya bereaksi. Saat reaksi selesai, kami mendapatkan massa katalis yang sama dengan yang kami tambahkan di awal. Pada penelitian ini penulis membahas katalis homogen karena katalis homogen lebih baik dari jenis katalis lainnya dalam proses transester biodiesel. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki bentuk yang sama dengan reaktan. Dalam reaksi kimia, katalis homogen berfungsi sebagai zat perantara (fasilitator). Beberapa jenis katalis homogen yang digunakan yaitu NaOH, KOH, ZA, ZA kering, ZKOH, dan Z-KOH kering.

Berdasarkan uraian diatas ini penulis mencoba melakukan penelitian yang berjudul: “STUDI EKSPERIMENTAL DENSITAS DAN BILANGAN IODIN *BIODIESEL* DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH” Dengan

judul tersebut maka dapat diasumsikan bahwa hasil penelitian ini dapat diperoleh energi baru terbarukan yang dapat mengurangi limbah minyak goreng dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

1.1 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

- a). Bagaimana pengaruh terhadap densitas pada pembuatan biodiesel dengan variasi waktu reaksi 60,70,80,90,100 menit ?
- b). Bagaimana hasil pembuatan biodiesel dari minyak goreng limbah dengan variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 menit berpengaruh pada bilangan iodin ?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a) Untuk mengetahui hasil dari variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min dengan temperature 65°C dan putaran 1050 rpm pada densitas
- b) Untuk mengetahui hasil dari variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min dengan temperature 65°C dan putaran 1050 rpm pada Bilangan iodin

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis ini didasarkan pada asumsi bahwa waktu reaksi akan mempengaruhi tingkat oksidasi tingkat keasaman dalam proses produksi biodiesel. Bahwa ada korelasi antara waktu reaksi dan tingkat oksidasi dan nilai asam biodiesel. Oleh karena itu, variasi waktu reaksi yang berbeda akan menghasilkan biodiesel dengan tingkat oksidasi yang berbeda pula, maka :

- a) H_0 =Nilai rata-rata karakteristik biodiesel sama dengan standard
- b) H_1 =Nilai rata-rata karakteristik biodiesel tidak sama dengan standard

- c) Taraf signifikan, $\alpha = 5 \%$
- d) Uji statistik
- e) Kriteria H_0 jika nilai $p\text{-value} < 0,05$

1.4 Manfaat Penelitian

- a) Meningkatkan nilai ekonomis minyak jelantah.
- b) Dapat digunakan sebagai pengganti minyak solar.
- c) Memberikan informasi kepada siswa dan masyarakat umum bahwa minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Minyak Goreng

Limbah minyak goreng merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng bekas maupun minyak nabati yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai karbon panjang, yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat. Perbedaan minyak goreng bekas dengan minyak nabati yang baru terletak pada komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuhnya. Minyak goreng bekas memiliki kandungan asam lemak jenuh lebih besar dari minyak nabati yang baru. Hal ini disebabkan pada proses penggorengan terjadi perubahan rantai takjenuh pada senyawa penyusunnya. Komposisi asam lemak takjenuh minyak goreng bekas adalah 30% sedangkan asam lemak jenuh 70% (Sudarmadji. S. dkk 2007).

Jika ditinjau dari komposisi kimianya, minyak goreng bekas atau minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogen, yang terjadi selama proses penggorengan. Zat karsinogen dapat menimbulkan berbagai keluhan dan penyakit seperti menimbulkan penyakit kanker, penyakit jantung, dan menghambat atau menurunkan kecerdasan generasi berikutnya.

Minyak goreng bekas memiliki kandungan peroksida yang tinggi, hal ini bias terjadi salah satunya disebabkan oleh pemanasan yang melebihi standar. Standar proses penggorengan normalnya berada dalam kisarans uhu 177 – 2210C. Sedangkan kebanyakan orang justru menggunakan minyak goreng pada suhu antara 200-3000C.

Pada suhu seperti ini, ikatan rangkap Penggunaan minyak jelantah jelas sangat tidak baik untuk kesehatan. Menurut para ahli kesehatan, minyak goreng hanya boleh digunakan dua sampai empat kali menggoreng (Winarno 1997). Karena setiap dipakai minyak akan mengalami penurunan mutu. Sifat-sifat minyak jelantah dapat dilihat pada table 2.1. dibawah ini.

Tabel 2.1 Sifat-sifat minyak jelantah

No	Sifat Fisik	Minyak Jelantah	Sifat Kimia	Minyak Jelantah
1	Warna kekuning-kuningan	coklat	Hidrolisa,	minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol
2	Berbau tengik		Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.	
3	Terdapat Endapan		Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap darirantai karbon asam lemak pada minyak	

Di Indonesia minyak goreng merupakan komoditi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Dengan demikian sisa pakainya, disadari atau tidak, dapat mengotori lingkungan, yang pada akhirnya dapat mengganggu kesehatan dan lingkungan. Minyak jelantah sebagai limbah akan menjadi bahan yang bermanfaat jika diolah untuk penggunaan yang lain. Potensi yang cukup besar untuk dikembangkan adalah menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi. Komposisi asam lemak minyak jelantah dari minyak goreng sawit ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah

No	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Asam Palmitat	21,47	wt%
2	Asam Stearat	13	wt%
3	Asam Oleat	28,64	wt%
4	Asam Linoleat	13,58	wt%
5	Asam Linoleneat	1,59	wt%
6	Asam Miristat	3,21	wt%
7	Asam Laurat	1,1	wt%

2.2 Proses degumming

Proses ini dilakukan pada minyak mentah (*crude oil*) untuk meningkatkan stabilitas oksidasi. Secara umum, minyak mentah mengandung jumlah fosfatida yang bervariasi (dikenal sebagai getah) dan fosfatida ini perlu dihilangkan dari minyak karena tidak diinginkan untuk produksi biodiesel. Proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein residu, karbohidrat, air dan resin disebut *degumming*. Pada proses ini, campuran minyak mentah yaitu minyak goreng sisa dan minyak biji mimba dimasukkan didalam *double jacket* ditambahkan 2% vol % H_3PO_4 20% dipanaskan dengan temperatur 60 °C, putaran 1000 rpm dilakukan selama 30 menit. Kemudian dilakukan proses filtrasi dicorong pemisah selama 2 jam, dimana pembentukan fosfatida (getah) dapat diamati didasar labu. Setelah itu dipisahkan dari campuran minyak dicuci 2 kali dengan air suling pada temperatur 50 °C.

2.3 Proses esterifikasi

Pada tahapan ini dilakukan proses transesterifikasi pada metil ester yang sudah mempunyai kadar asam yang rendah. Pada tahap ini dilakukan pencampuran antara katalis KOH dengan persentasi perbandingan (0,5%; 0,75%; 1%, 1.5%) dan metanol (CH_3OH) perbandingan persentasi 1:2 dengan minyak hasil esterifikasi. Reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini berlangsung sekitar 1,5 jam pada temperatur 60 °C. Setelah proses transesterifikasi selesai, dilakukan pengendapan selama waktu tertentu agar gliserol terpisah dari metil ester.

2.4 Proses Transterifikasi

Metode yang paling umum untuk mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel adalah transterifikasi. Transterifikasi adalah suatu metode pengubahan suatu ester menjadi ester lain ketika minyak nabati di reaksikan dengan metanol dalam pengawetan katalis untuk menghasilkan metil ester serta biodiesel dan sejumlah gliserin. 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 pemisah.

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 liserol. Proses reaksi ini disebut transesterifikasi (Ma and Hanna 1999). Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam-asam lemak kedalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis (Fukuda, Kondo, and Noda 2001).

Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Selain itu transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi pembentukan metal atau etilester dengan mereaksikan komponen minyak yaitu trigliserida dengan alkohol (methanol 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 metilester (biodiesel).

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.

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan 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. Transesterifikasi menghasilkan metil ester asam lemak (FattyAcids MethylEsters/Fame) atau biodiesel dangliserol sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali (Hikmah and Zuliyana 2015).

2.4.1 Metanol

Metil alkohol atau metanol atau sering juga disebut karbinol merupakan larutan polar yang larut dalam air, alkohol, ester dan pelarut organik lainnya. Metanol mempunyai rumus molekul CH_3OH adalah alkohol aliphatik sederhana. Reaksinya ditentukan oleh gugus hidroksil fungsional, sedangkan reaksi terjadi oleh gugus $\text{C}-\text{O}$ atau $\text{O}-\text{H}$.

Metanol 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 (berbau lebih ringan daripada etanol). Penggunaan metanol sebesar 85% digunakan sebagai bahan baku serta bahan pelarut sintetis. Dalam hal ini metanol direaksikan dengan trigliserida akan menghasilkan metilester. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol (CH_3OH) mempunyai

keuntungan lebih mudah bereaksi lebih stabil dibandingkan dengan etanol (C₂H₅OH).

Metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan karbon, sehingga metanol lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol. Keberadaan metanol dalam proses transesterifikasi adalah untuk memutuskan hubungan gliserin dengan zat asam lemak (Perry, Green, and Maloney 1997). Adapun sifat fisik dan kimia dari metanol dapat dilihat pada tabel 2.3

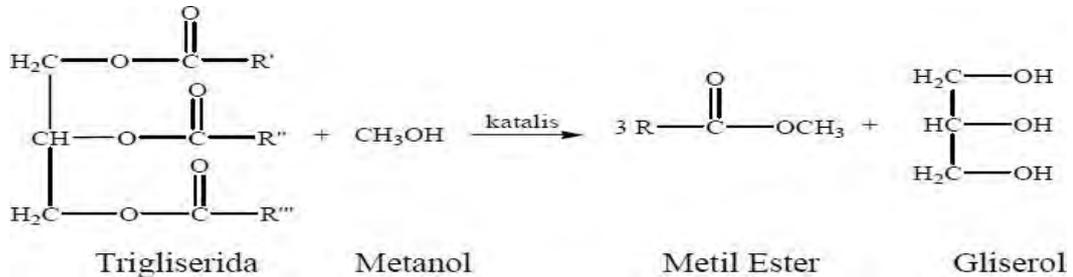
Tabel 2.3. Sifat Sifat Dan Kima Metanol

No	Karakteristik	Nilai
1	Massa molar	32.04 g/mol
2	Wujud cairan	tidak berwarna
3	<i>Spesific gravity</i>	0.7918
4	Titik leleh	-97 °C, -142.9 °F (176 K)
5	Titik didih	64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)
6	Kelarutan dalam air	sangat larut
7	Keasaman (pKa)	~ 15.5

2.4.2 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat suatu laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi, namun zat tersebut tidak habis bereaksi. Ketika reaksi selesai, maka akan mendapatkan massa katalis yang sama seperti pada awal yang ditambahkan. Zat yang menghambat berlangsungnya reaksi disebut inhibitor. Dalam suatu reaksi kimia, katalis tidak ikut bereaksi secara tetap sehingga dianggap tidak ikut bereaksi. Secara umum, katalis yang digunakan dalam reaksi kimia ada tiga jenis, yaitu katalis homogen, katalis heterogen, biokatalis (Enzim), dan Autokatalis.

Penelitian akan membahas katalis homogen karena katalis homogen lebih baik daripada jenis katalis lainnya untuk proses transesterifikasi biodiesel. Katalis



Gambar 2.1. Reaksi transesterifikasi

homogen adalah katalis yang wujudnya sama dengan wujud reaktannya. Dalam reaksi kimia, katalis homogen berfungsi sebagai zat perantara (fasilitator). Beberapa jenis katalis homogen yang telah digunakan antara lain NaOH, KOH, ZA, ZA kering, ZKOH, dan Z-KOH kering. Pada penelitian ini penulis memilih NaOH atau natrium hidroksida, terjadi reaksi dibawah ini:

2.5 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti minyakdiesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Penggunaan biodiesel dapat dicampur dengan petroleum diesel (solar). Biodiesel mudah digunakan,bersifat biodegradable, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan senyawa aromatik.Selain itu biodiesel mempunyai nilai flashpoint (titiknyala) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jikadisimpan dan digunakan karena bahan bakunya yang berasal dari minyak nabati sehingga dapat diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik dan mudah diperoleh (Kolakoti, Setiyo, and Waluyo 2021). Selain itu harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah

lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rainacid*).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan biodiesel (Jain and Sharma 2010). Biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya efisiensi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi daripada bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Biodiesel memiliki kandungan senyawa sulfur dan aromatik yang lebih rendah daripada bahan bakar diesel sehingga emisi gas berbahaya hasil pembakarannya lebih rendah daripada emisi bahan bakar diesel turunan minyak bumi.

Biodiesel juga dapat terdegradasi secara alami. Lebih dari 90% biodiesel dapat terdegradasi secara biologis selama 21 hari. Biodiesel adalah monoalkilester yang diperoleh dari reaksi esterifikasi atau transesterifikasi asam-asam lemak rantai panjang dan alkohol dengan bantuan katalis asam dan basa. Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena memiliki emisi pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum. Selain itu, bahan baku pembuatan biodiesel dapat diperoleh dari limbah, seperti minyak goreng bekas.

Secara umum biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbaru seperti minyak sayur atau lemak hewan. Biodiesel dimanfaatkan untuk menggantikan peran

energi fosil yang tidak dapat terbarukan dan meninggalkan lebih banyak emisi Gas Rumah Kaca sehingga menurunkan kualitas lingkungan.

Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm (part permillion) sulfur. Biodiesel mengandung 11% oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energi namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan jelaga. Kandungan energi biodiese 110% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel lebih kurang dapat dikatakan sama dengan solar, yang berarti daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya.

Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel menyebabkan bahan bakar biodiesel sedikit kurang stabil dibandingkan dengan solar, kestabilan yang tidak stabil dapat meningkatkan kandungan asam lemak bebas, menaikkan viskositas, terbentuknya gums, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar

2.5.1 Sifat Baku Mutu Diesel

Suatu teknik pembuatan biodiesel hanya akan berguna apabila produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi (syarat mutu) yang telah ditetapkan dan berlaku di daerah pemasaran biodiesel tersebut. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 2019

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka Setana	Min	51
4	Titik Nyala (mangkok tertutup)	°C, min	130
5	Korosi Lempeng Tembaga		nomor 1
6	Residu karbon		

	dalam percontoh asli; atau dalam 10% ampasdistilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
7	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
8	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
9	Belerang	mg/kg, maks	10
10	Fosfor	mg/kg, maks	4
11	Angka Asam	mg-KOH/g, maks	0,4
12	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
13	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
14	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
15	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), Maks	115
16	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau	Menit	600
17	Periode induksi metode petro Oksi	Menit	45
18	Monogliserida	%-massa, maks	0,55
19	Warna	Maks	3
20	Kadar air	Ppm, maks	350

Ada beberapa parameter biodiesel lainnya seperti standar amerika (ASTM) dan standar eropa (EN) berikut ini standar kedua parameter tersebut dapat dilihat pad tabel 2.5.

Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN)

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Densityat15°C	kg/m ²	860-900
2	Viscosityat40°C	mm ² /s	3,5-5,0
3	Flashpoint	°C	120
4	Sulfurcontent	mg/kg	10.0
5	Carbonresidue	%(m/m)	0.30
6	Sulfated ash content	%(m/m)	0.02
7	Watercontent	mg/kg	500
8	Total contaminaion	mg/kg	24
9	Oxidative stability, 110 ⁰ c	Hours	4.0
10	Acidvalue	mg KOH/g	0,50
11	Iodinevalue	gI/100g	130
12	Linolenicacidcontent	%(m/m)	12
13	Methanolcontent	%(m/m)	0.20
14	Monoglyceridecontent	%(m/m)	0.80
15	Diglyceridecontent	%(m/m)	0.20
16	Triglyceridecontent	%(m/m)	0.20

17	Freeglycerine	%(m/m)	0.02
18	Totalglycerine	%(m/m)	0.25
19	Alkalimetals (Na+K)	mg/kg	5.0

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
20	Earthalkalimetals (Ca+Mg)	mg/kg	5.0
21	Phosphoruscontent	mg/kg	10.0

Berikut ini standar parameter ASTM pada biodiesel, dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Standar ASTM

No	Parameter Uji	Satuan min/maks	Persyaratan
1	Density at 15°C	kg/m ³	890
2	DistillationT90	°C	360
3	Sulfatedash	%(m/m)	0,20
4	Viscosityat 40°C	mm ² /s	3,5-5,0
5	Flashpoint	°C	120
6	Estercontent	%(m/m)	96,5
7	Phosphorus	mg/kg	10
8	Acidvalue	mgKOH/g	0,80
9	Totalcontamination	mg/kg	24
10	Freeglycerol	%(m/m)	0,02

2.5.2 Sifat-Sifat Penting Biodiesel

Sifat sifat penting dari biodiesel dapat kita lihat pada tabl sebagai berikut:

a). Bilangan Asam

Pengukuran bilangan asam dilakukan dengan cara titrasi menggunakan larutan NaOH 0.025 N. Angka asam biodiesel dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ bilangan asam} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \times \text{BM NaOH}}{M \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

ml NaOH : jumlah ml NaOH untuk titrasi (1)

N : normalitas larutan NaOH (mol/l)

M : massa sampel (kg)

BM NaOH : bobot molekul NaOH (kg/mol)

b). Bilangan Iodin

Tingkat tidak jenuhan atau banyaknya ikatan rangkap asam-asam lemak penyusun biodiesel ditunjukkan melalui bilangan iod. Banyaknya senyawa asam lemak tak jenuh meningkatkan ferpormansi biodiesel pada temperature rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (Melting Point) yang lebih rendah.

Tingkat tidak jenuhan atau banyaknya ikatan rangkap asam-asam lemak penyusun biodiesel ditunjukkan melalui bilangan iod. Banyaknya senyawa asam lemak tak jenuh meningkatkan ferpormansi biodiesel pada temperature rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (Melting Point) yang lebih rendah.

Bilangan iod (IV) merupakan suatu ukuran dari ketidakjenuhan minyak dan lemak. Bilangan iod adalah jumlah (gram) iod yang dapat diikat oleh 100 gram lemak.(Bilangan et al. 2013)

Biodiesel yang memiliki bilangan iod yang tinggi akan mengakibatkan polimerisasi dan pembentukan deposit pada injector noozle dan cincin piston pada saat mulai pembakaran Berdasarkan standar biodiesel Indonesia nilai maksimum bilangan Iod yang diperbolehkan untuk biodiesel yaitu 115gram Iod/100 gram.

Bilangan iodin dapat ditentukan dengan persamaan (2.2).

$$\text{Bil. iod} = \frac{\text{vol titran (ml)}(\text{blanko}-\text{sampel})}{\text{massa lemak (g)}} \times N \text{ natrium tiosulfat} \times 12,691 \dots (2.2)$$

dimana:

v titran blanko = 7 mL

v titran sampel = 2 mL

m lemak = 0,5 gram

N natrium tiosulfat = 0,1 N

c). Angka Sentana

Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan ke ruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Struktur hidrokarbon penyusun minyak mempengaruhi bilangan setana pada biodiesel. Semakin rendah bilangan cetana maka semakin rendah pula kualitas penyalan karena memerlukan suhu yang lebih tinggi.

$$CN = 46.3 \left(\frac{5458}{SV} \right) - (0,225 - IV) \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

CN = Angka Setana

SV = Angka Asam

IV = Angka Iodin

d). Kadar Air

Kadar air dalam minyak sangat berpengaruh pada kualitas minyak. Semakin kecil kadar air yang terdapat dalam minyak maka semakin baik kualitas minyak, hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbasa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

d). Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala (flash point) adalah suhu terendah dimana suatu bahan bakar tersebut mudah terbakar ketika bereaksi dengan udara. Titik nyala yang sangat tinggi dapat menyebabkan detonasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan

bakar masuk ruang pembakaran. Hal ini juga dapat meningkatkan risiko berbahaya pada saat penyimpanan.

e). Densitas

Massa jenis (densitas atau kerapatan) adalah pengukuran massa tiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka akan semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volume. rumus Massa Jenis: Pengertian, Satuan, dan Contoh Soal. Contoh benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi adalah besi, sedangkan contoh benda yang memiliki massa jenis lebih rendah adalah air, Selain itu, massa jenis merupakan ciri-ciri khusus yang membedakan antara zat yang satu dengan zat lainnya. Hal ini disebabkan, setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda-beda tergantung pada kerapatan molekulnya serta besarnya gaya ikat antar molekul atau senyawa penyusunnya.

Densitas atau Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Massa jenis biodiesel (ρ_{bd}) diukur dengan metode paling sederhana menggunakan piknometer dan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

$$\rho_{bd} = m / v \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

ρ_{bd} = massa jenis biodiesel (kg/m^3)

m = massa sampel biodiesel (kg)

v = volume (m^3)

f). Viskositas

Viskositas (kekentalan) merupakan sifat yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, karena gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran, akibatnya terbentuk endapan pada mesin. Viskositas yang tinggi akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Viskositas biodiesel diukur menggunakan *falling ball viscometer* dan di tentukan menggunakan persamaan (2.4).

$$\dot{\eta}_{bd} = K (\bar{\eta}_{bola} - \bar{\eta}_{bd}) t \dots\dots\dots (2.5)$$

- $\dot{\eta}_{bd}$ = Viskositas biodiesel (cST)
- K = Koefisien bola baja *stainless*(mPa.s.m³/kg.s)
- $\bar{\eta}_{bola}$ = Massa jenis bola baja (kg/l)
- $\bar{\eta}_{bd}$ = Masa jenis biodiesel (kg/m³)
- t = Waktu aliran bola (s)

2.6 Uji regresi

Regresi linear adalah teknik analisis data yang memprediksi nilai data yang tidak diketahui dengan menggunakan nilai data lain yang terkait dan diketahui. Secara matematis memodelkan variabel yang tidak diketahui atau tergantung dan variabel yang dikenal atau independen sebagai persamaan linier. Misalnya, anggaplah Anda memiliki data tentang pengeluaran dan pendapatan Anda untuk tahun lalu. Teknik regresi linier menganalisis data ini dan menentukan bahwa pengeluaran Anda adalah setengah dari penghasilan Anda. Mereka kemudian

menghitung biaya masa depan yang tidak diketahui dengan mengurangi separuh pendapatan yang diketahui di masa depan.

Kegunaan uji regresi adalah untuk memprediksi variable terikat Y jika variable bebas X diketahui. Regresi dapat dianalisis karena didasari oleh hubungan fungsional atau hubungan kasual variable bebas X terhadap variable bebas Y. perbedaan mendasar uji korelasi dengan uji regresi adalah, uji regresi selalu menyertakan uji korelasi, sementara uji korelasi belum tentu ditindaklanjuti dengan uji regresi. Uji korelasi yang tidak ditindaklanjuti dengan uji regresi biasanya memiliki variable-variabel yang tidak memiliki kedekatan fungsional atau kasual (sebab akibat).

Persamaan regresi sederhana dirumuskan sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bX \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

\hat{Y} = (baca Y hat) merupakan subjek variabel terikat yang diproyeksikan,

X = merupakan variabel bebas yang memiliki nilai tertentu untuk diprediksikan .

a = merupakan suatu nilai konstan.

b = adalah nilai gradien penentu ramalan .

$$b = \frac{n * \sum XY - \sum X * \sum Y}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \text{dan} \quad a = \frac{\sum Y - B * \sum X}{n}$$

Pada intinya, teknik regresi linier sederhana mencoba untuk menyusun grafik garis antara dua variabel data, yaitu x dan y. Sebagai variabel independen, x berada di sepanjang sumbu horizontal. Variabel independen juga disebut variabel eksplanatori atau variabel prediktor. Variabel dependen, y, berada pada sumbu

vertikal. Anda juga dapat merujuk ke nilai y sebagai variabel respons atau variabel yang diprediksi.

Hubungan linier harus ada antara variabel independen dan dependen. Untuk menentukan hubungan ini, ilmuwan data membuat plot sebar—kumpulan acak nilai x dan y —untuk melihat apakah nilai tersebut berada di sepanjang garis lurus. Jika tidak, Anda dapat menerapkan fungsi nonlinier seperti akar kuadrat atau log untuk membuat hubungan linier antara dua variabel secara matematis.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 4 bulan dengan jadwal kegiatan penelitian dilihat pada table 3.1

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Aktifitas	2024															
	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■	■														
Penulisan Proposal			■	■												
Seminar Proposal				■												
Proses Penelitian					■	■	■	■								
Pengolahan Data									■	■	■	■				
Penyelesaian Laporan													■	■		
Seminar Hasil																
Evaluasi dan persiapan Sidang															■	■
Sidang Sarjana																■

3.1.2 Tempat Penelitian

kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Politeknik Negeri Medan

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam penelitian ini dapat dilihat tabel 3.2 dan tabel 3.3 sebagai berikut.

3.5.1 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
1	Minyak Goreng Limbah (MGL)		Minyak goreng limbah merupakan bahan utama dalam pembuatan biodiesel pada penelitian ini, dalam hal ini minyak goreng yang digunakan ialah diambil dari sisa rumah makan dan restoran.
2	H ₃ PO ₄		H ₃ PO ₄ adalah asam fosfat asam mineral yang memiliki rumus kimia h ₃ po ₄
3	H ₂ SO ₄		Asam sulfat merupakan asam mineral yang kuat .zat ini larut dalam air pada semua perbandingan
4	NaOH		Natrium hidroksida, juga dikenal sebagai soda api, adalah senyawa ionik yang berbentuk padatan putih. Dalam penelitian ini, natrium hidroksida digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel
5	Metanol		Metanol, juga dikenal sebagai metilalkohol, merupakan bentuk alkohol yang paling sederhana. Ia berbentuk cairan ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan bersifat beracun. Dalam penelitian ini, metanol digunakan sebagai campuran dengan katalis dalam proses transesterifikasi pada pembuatan biodiesel.

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
6	Aquades		Aquades refers to distilled water produced through the process of distillation. In the context of biodiesel washing, aquades is used to remove any remaining traces of catalyst that may be present on the biodiesel surface.

3.5.2 Alat

Alat - alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Alat Penelitian

Nama Alat	Gambar	Keterangan
1 Gelas Ukur		Gelas ukur digunakan untuk menentukan volume bahan kimia seperti larutan metanol (CH_3OH), limbah minyak goreng (WCO), air, dan bahan-bahan lainnya.
2 corong		Corong di gunakan untuk digunakan untuk memindahkan biodiesel atau methanol dari botol satu hingga kebotol lainnya dengan baik tanpa adanya terbuang / keluar.
3 Timbangan digital		Timbangan digital digunakan untuk mengestimasi berat suatu objek yang terdiri dari bahan-bahan yang akan digunakan dalam produksi biodiesel dan bahan kimia lainnya, seperti serbuk natrium hidroksida (NaOH).
4 Hot Plate Magnetic Stirrer		Hot Plate Magnetic Stirrer digunakan untuk memanaskan dan mengaduk katalis metanoksida (methanol dan natrium hidroksida) sebelum larutan metanoksida di campuran dengan limbah minyak goreng di double jacket reactor.

5 Double Jacket Reaktor		<p>Double Jacket Reaktor digunakan untuk mencampur limbah minyak goreng bekas dengan larutan metanoksida (metanol dan natrium hidroksida) dengan keadaan suhu yang stabil dan kecepatan putaran normal.</p>
6 Separator (Tabung pemisah)		<p>Tabung pemisah atau sparator digunakan untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol, dan berfungsi juga untuk memisahkan biodiesel dengan aquadest ketika proses pencucian biodiesel.</p>
7 Evaporator Rotari		<p>Evaporator Rotari, juga dikenal sebagai rotavap, digunakan untuk menguapkan sisa larutan metanoksida (metanol dan natrium hidroksida) yang tidak terpisah dengan sempurna melalui penggunaan tabung pemisah. Dalam proses ini,</p>
8 Sarung tangan		<p>Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan dari bahan kimia yang dapat menyebabkan kulit melepuh pada saat pembuatan biodiesel.</p>
9 Termometer		<p>Termometer memiliki fungsi untuk mengukur suhu pada minyak goreng bekas dan air pada saat di hangatkan dengan temperatur yang di inginkan.</p>
10 Kertas saring		<p>Kertas saring dipergunakan untuk melakukan filtrasi minyak goreng limbah (MGL). Proses ini dalkukan untuk memisahkan maerial-mareial terlarut dalam mgl. Laju proses filtasi mgl 0.008 liter/s.</p>

11 Stabinger
Vicometer SVM
3001



Alat pengujian ini digunakan untuk mengetahui nilai viskositas dan densitas pada biodiesel dengan metode ASTM D455.

12 ECH Triator



Alat pengujian ini digunakan untuk menentukan bilangan iodin.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan yaitu dengan cara experiment. variable dalam penelitian ini yaitu katalis yang terdiri dari natrium hidroksida (NaOH) dan larutan metanol (CH₃OH). Table komposisi dari pembuatan biodiesel dapat dilihat pada table 3.2

Tabel 3.4. Komposisi Pembuatan Biodiesel

No	WCO L	NaOH %	Metanol
1	1	0.5	1:2

3.4 Populasi Dan Sampel Biodiesel

Dalam konteks teknis analisis dan metode pengujian pengaruh reaksi waktu terhadap bilangan oksidasi dan bilangan asam pada pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng limbah, populasi dan sampel dapat dijelaskan sebagai berikut (tabel 3.5). Populasi ini mencakup semua kemungkinan kombinasi waktu reaksi yang mungkin digunakan dalam pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng limbah. Sampel ini terdiri dari beberapa sampel biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan waktu reaksi yang berbeda

Tabel 3.5. Populasi dan Sampel

No	Waktu reaksi	Densitas	Bilangan iodine
1	60	-	-
2	70	-	-
3	80	-	-
4	90	-	-
5	90	-	-

Teknis analisis dan metode pengujian pengaruh reaksi waktu terhadap bilangan oksidasi dan bilangan asam, sampel-sampel ini akan diuji menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil dari pengujian sampel akan memberikan pemahaman tentang pengaruh reaksi waktu terhadap kedua parameter tersebut. Namun, penting untuk diingat bahwa kesimpulan yang ditarik dari sampel-sampel tersebut harus diterapkan dengan hati-hati ke dalam populasi secara keseluruhan.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Prosedur pembuatan biodiesel

- a. Sediakan minyak goreng limbah sebanyak 0,9 kg untuk proses degumming menggunakan alat DJR (Double Jacket Reaktor) dengan campuran 2% H_3PO_4 dari minyak yang di degumming selama 30 min.
- b. Setelah itu masukkan ke tabung pemisah selama 15 min.
- c. Setelah proses degumming dilanjutkan proses esterifikasi yaitu dengan menambahkan bahan kimia H_2SO_4 0,75% dari minyak yang ingin digunakan, proses esterifikasi menggunakan alat DJR (double Jacket Reaktor) selama 30 min.
- d. Setelah itu masukkan kedalam tabung pemisah selama 30 min.

- e. Kemudian dilanjutkan ke proses transesterifikasi dimana ditambahkan bahan metanol 1:2 dan NaOH sebanyak 0,5% dan dilakukan menggunakan alat DJR (Double Jacket Reaktor) pada putaran 1050 rpm suhu 60⁰C dan waktu sesuai variasi yang di inginkan.
- f. Setelah selesai kemudian minyak dimasukkan ke tabung pemisah kurang lebih 15 min.
- g. Dilanjutkan proses pencucian menggunakan aquades dengan cara di injeckkan dan minyak di aduk dengan pelan-pelan supaya tidak terjadi penyabunan.
- h. Setelah itu biarkan hingga aquades turun selama kurang lebih 5 min dan kemudian minyak goreng limbah di masukkan kedalam evaporator.
- i. Proses penguapan dengan evaporator dimana menggunakan sisa-sisa dari aquadest dan metanol.
- j. Kemudian minyak disaring menggunakan kertas saring untuk menghilangkan sisa-sisa bahan kimia yang melekat dari minyak proses pembuatan biodiesel.

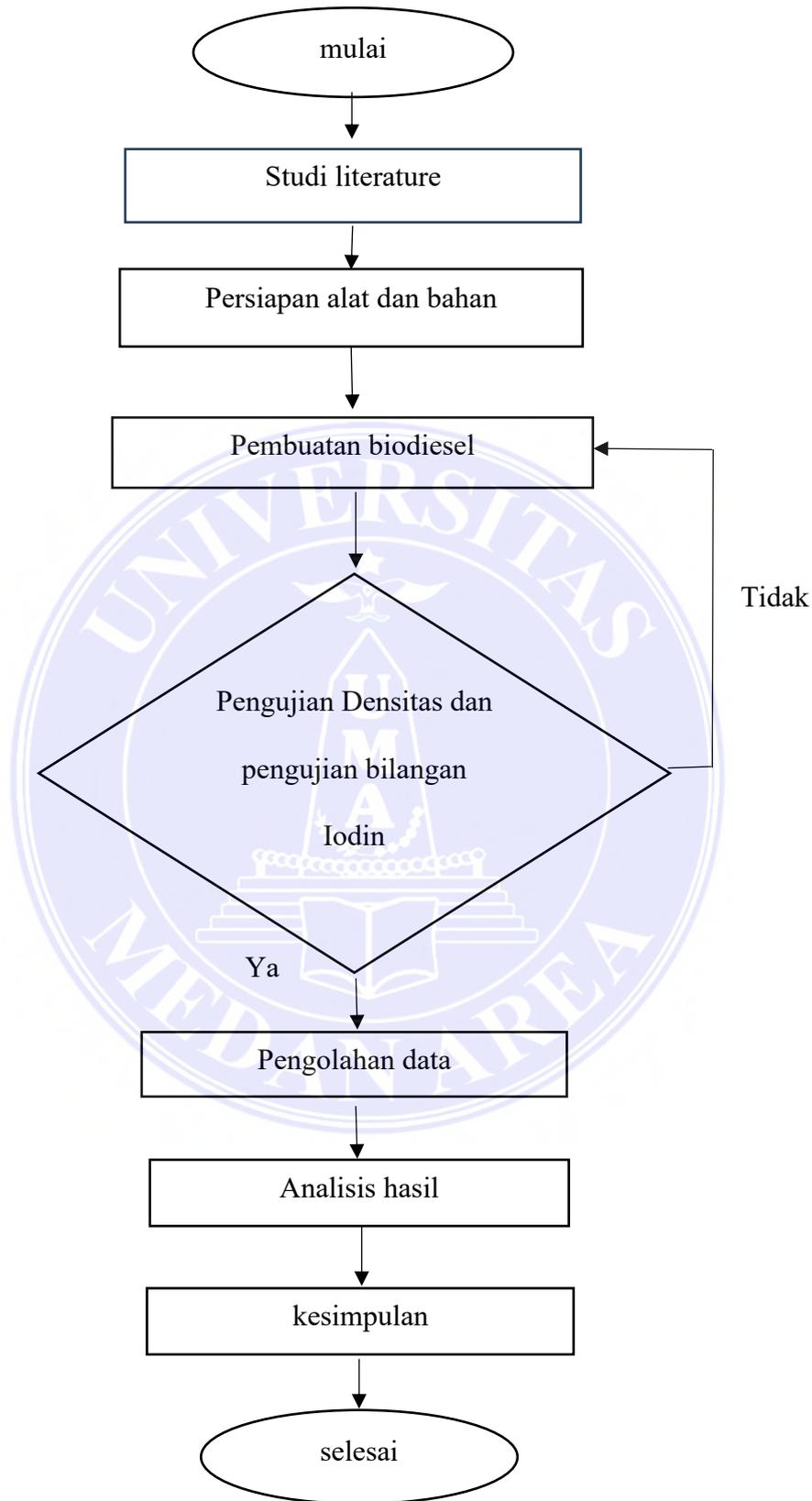
3.5.2 Prosedur Pengujian Biodiesel

- 1) Pengujian dengan *Pensky Martens Flash Point Tester*
 - a) Langkah pertama yaitu menekan tombol “On/Of”.
 - b) Selanjutnya menyiapkan sampel untuk diuji, setelah itu sampel dimasukan kedalam gelas reaktorse banyak 70 ml, setelah itu tutup gelas reaktor dengan penutup.
 - c) Selanjutnya masukkan “multi detector” kedalam lubang gelas reaktor

- d) Setelah itu pilih main menu, lalu klik “Test Run” ubah sampel “Name” ubah ELFP 200⁰C.
 - e) Kemudian ubah program “ASTM D93 setelah itu klik enter dan klik “RUN”.
-
- 2) Pengujian dengan *Stabinger Viscometer SVM 3001*
 - a) Langkah pertama yaitu menekan tombol “On/Of”.
 - b) Kemudian menyiapkan sampel untuk di uji, selanjutnya di injeksikan kedalam mesin secara perlahan.
 - c) Kemudian tekan “*Method*” di layer utama.
 - d) Setelah itu pilih untuk di uji setelah itu tekan “OK”.
 - e) Kemudian tekan “*Quick Setting*” untuk memberikan nama sampel, mengubah metode pengukuran, dan pengelompokan grup sampel.
 - f) Lalu tekan “*Start*” supaya mulai pengukuran.
 - g) Apabila ada peringatan “*Refill after prewetting*” kemudian injeksikan kembali sampel sebanyak 1 ml. Lalutekan “OK”.
 - h) Selanjutnya tunggu sampai proses “*Measuring*” selesai, apabila selesai dapat diberitanda dengan “*Finished*”.
 - i) Kemudian pilih “*Measured*” untuk dapat melihat data hasil pengukuran.
 - j) Lalu pilih data yang di tampilkan setelah itutekan “*Details*” untuk dapat melihat hasil data pengujian.
 - 3) Pengujian Angka Iodin
 - a) Siapkan larutan natrium tiosulfat.

- b) Kemudian siapkan larutan reaksi *iodin monochloride*, dan larutkan iodin monochloride dengan asam asetatglasialn.
- c) Kemudian siapkan larutan kalium yodium.
- d) Selanjutnya siapkan larutan magnesium asetat.
- e) Kemudian pindahkan sampel kedalam *Erlenmeyer Volumetric Flask* dan diberi stopper.
- f) Selanjutnya tambahkan asam a setatglasial, larutan reaksi dan juga larutan katalis.
- g) Selanjutnya menutup *Erlenmeyer volumetric flask* dengan menggunakan stopper.
- h) Selanjutnya mencampurkan larutan selama lima menit.
- i) Selanjutnya letakkan ujung elektroda dan burette dalam sampel kemudian aduk dengan sangat baik.
- j) Kemudian lakukan titrasi tanpa sampel dalam materi yang sama.

3.5.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

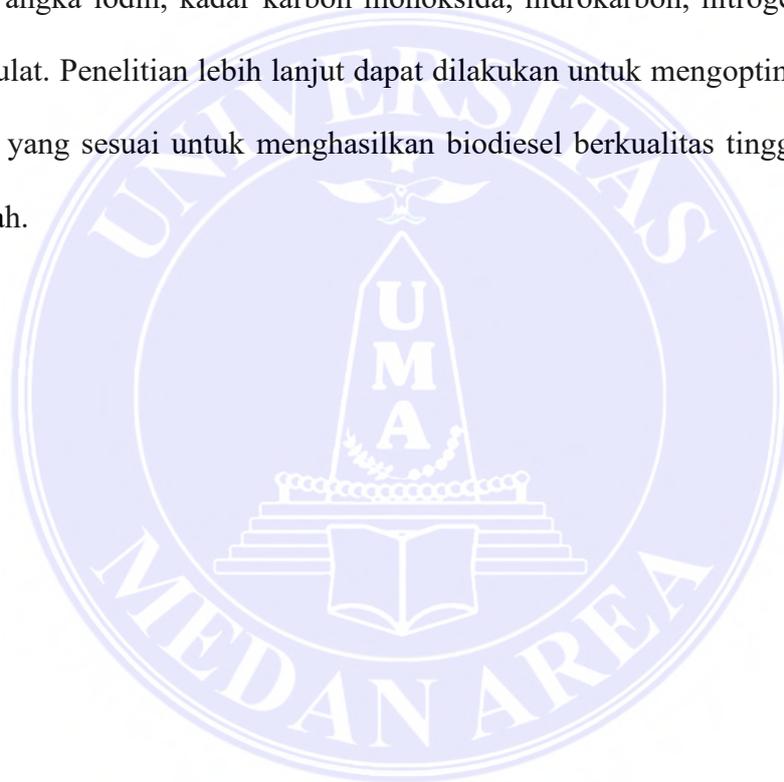
5.1 Simpulan

Dari hasil peneitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai P-Value variabel waktu reaksi sebesar 1,00 lebih besar daripada 0,05 (a), sehingga dapat disimpulkan artinya secara parsial variabel waktu reaksi tidak berpengaruh signifikan atau nyata terhadap bilangan densitas dari biodiesel minyak goreng limbah. Nilai 0,00200 pada unstandardized coefisien (b) menunjukkan koefisien regresi (parameter) variable waktu reaksi bertanda positif dengan nilai 0,00200 . Hal ini mengindikasikan jika terjadi peningkatan nilai waktu reaksi sebesar 1 menit maka akan meningkatkan bilangan densitas dari hasil produksi minyak goreng limbah sebesar. 0,00200 kg/ m³.
2. Nilai P-Value variabel waktu reaksi sebesar 1,00 lebih besar dari pada 0,05 (a), sehingga dapat disimpulkan artinya secara parsial variabel waktu reaksi tidak berpengaruh signifikan atau nyata terhadap bilangan iodin dari biodiesel minyak goreng limbah. Nilai -0,058 pada unstandardized coefisien (b) menunjukkan koefisien regresi (parameter) variable waktu reaksi bertanda negatif dengan nilai 0,058 . Hal ini mengindikasikan jika terjadi peningkatan nilai waktu reaksi sebesar 1 menit maka akan menurunkan bilangan iodin dari biodiesel hasil produksi minyak goreng limbah sebesar. 0,058% massa (g-I2/g).

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kualitas biodiesel dari minyak jelantah, faktor-faktor lain selain waktu reaksi dapat dipertimbangkan, seperti suhu, konsentrasi katalis, rasio metanol-minyak, dan jenis katalis. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi sifat fisikokimia dan emisi biodiesel, seperti densitas, viskositas, titik nyala, angka asam, angka iodin, kadar karbon monoksida, hidrokarbon, nitrogen oksida, dan partikulat. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kondisi reaksi yang sesuai untuk menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dari minyak jelantah.



LAMPIRAN

LAPORAN HASIL UJI DENSITAS DAN ANGKA IOD BIODIESEL MINYAK JELANTAH
No : 20/EBT/EN/2023

Nama : Sapriadi Sitinjak
 Perusahaan/ Instituti : Universitas Medan Area
 Jenis Sampel : Biodiesel Minyak Jelantah

Tabel 1. Hasil Uji Densitas dan Angka Iod Biodiesel Minyak Jelantah

Properties	Unit	ASTM and EN standard		Standard method	Biodiesel Minyak Jelantah				
		ASTM D6751	EN 14214		60 menit	70 menit	80 menit	90 menit	100 menit
Density 40 °C	kg/m ³	850-890	860-900	EN ISO 3675	858.5	858.5	858.5	858.7	858.4
Iodine value	g-I ₂ /100g	115 (max)	-	-	87.2	88.3	90.2	92.3	82.3

Diuji Oleh: 
 Tanggal: _____
 Bela Nurulita, S.T

lampiran 1. Data sheet hasil pengujian densitas dan bilangan iodin

DAFTAR PUSTAKA

- Andalia, Winny, and Irnanda Pratiwi. 2018. "Kinerja Katalis NaOH Dan KOH Ditinjau Dari Kualitas Produk Biodiesel Yang Dihasilkan Dari Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Tekno Global* 7(1): 32–36.
- Aziz, Isalmi. 2010. "Uji Performance Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Kimia VALENSI* 1(6).
- Aziz, Isalmi, Siti Nurbayti, and Badrul Ulum. 2011. "Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Kimia VALENSI* 2(2): 384–88.
- Bilangan, Penentuan et al. 2013. "LEMAK PADAT MINYAK SAWIT DAN MINYAK INTI SAWIT (Uji Banding Terhadap Metode Standar AOCS) Determination of Iodine Value and Melting Point Based on Solid Fat Content of Palm Oil and Palm Kernel Oil (Comparisons with AOCS Standard Method)." : 47–80.
- ESDM, K. (2019) '189 K 2019_Kepdirjen EBTKE tentang Standar dan Mutu BBN Jenis Biodiesel sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri .pdf'.
- Fukuda, Hideki, Akihiko Kondo, and Hideo Noda. 2001. "Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils." *Journal of Bioscience and Bioengineering* 92(5): 405–16.
- Gnanaprakasam, A et al. 2013. "Mengulas Artikel Strategi Baru-Baru Biodiesel Produksi From Waste Minyak Goreng Dan Proses Mempengaruhi Parameter : A Review." 2013.
- Haryanto, Agus, Ully Silviana, Sugeng Triyono, and Sigit Prabawa. 2015. "Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel." *Jurnal Agritech* 35(02): 234.
- Hikmah, Maharani Nurul, and Dan Zuliyana. 2015. "Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Estrans." *Jurnal Teknik Kimia* 3(6): 1–43.
- Idris, Muhammad et al. 2023. "Engine Performance Using Blended Fuels of Biodiesel and Eco Diesel." *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering* 120(1): 107–23.
- Indra Darmawan, Ferry, and I Wayan Susila. 2013. "Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem I Wayan Susila." *Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya* 02: 80–87.
- Intan, Dian Retno, Wildani Lubis, Wahyuni Umami Harahap, and Litna Nurjannah Ginting. 2022. "Daur Ulang Limbah Minyak Goreng Sebagai Bahan Baku Sabun." *Martabe : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 5(2): 456–62. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/martabe/article/view/5042>.
- Jain, Siddharth, and M. P. Sharma. 2010. "Prospects of Biodiesel from Jatropha in India: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14(2): 763–71.
- Jauhari, Muhammad Firdaus, Rusmini Sri Maryati, and Khairani Khairani. 2018. "Analisa Perbandingan Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berdasarkan Perbedaan Penggunaan Jenis Reaktor." *Jurnal INTEKNA : Informasi Teknik dan Niaga* 18(1): 31–39.
- Kolakoti, Aditya, Muji Setiyo, and Budi Waluyo. 2021. "Biodiesel Production from

- Waste Cooking Oil: Characterization, Modeling and Optimization.” *Mechanical Engineering for Society and Industry* 1(1): 22–30.
- Kurniawan, Edi, and Fitra Perdana. 2022. “Biodiesel Production of Waste Cooking Oil Catalyzed By Cao Derived From Snail (*Achatina Fulica*) Shell Waste.” *Journal of Chemical Process and Material Technology* 1(1): 1.
- Megawati, Eka et al. 2022. “Analisis Sifat Fisika Dan Nilai Keekonomian Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Metode Transesterifikasi.” *al-Kimiya* 9(1): 48–54.
- Pasaribu, Ahmad Taufik, Retno Ambarwati Sigit Lestari, and Rudi Firyanto. 2023. “Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi Kulit Pisang Kepok Dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas.” *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering* 3(2): 40.
- Perry, Robert H., Don W. Green, and James O. Maloney. 1997. Perry’s chemical engineers’ handbook 7th edition 10. *Transport and Storage of Fluids*.
- Saravanan, Azhaham Perumal et al. 2018. “Biofuel Policy in India: A Review of Policy Barriers in Sustainable Marketing of Biofuel.” *Journal of Cleaner Production* 193: 734–47.
- Sudarmadji. S. dkk. 2007. *Analisis Bahan Makanan Dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Wahyuni, Silvira, Ramli, and Mahrizal. 2015. “Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah.” *Pillar of Physics* 6: 33–40.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan Dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.