

STUDI EKSPERIMENTAL NILAI KALOR BODIESEL DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH

SKRIPSI

OLEH:

**KIKI SYAHBANA SEMBIRING
178130053**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 8/6/26

Access From (repositori.uma.ac.id)8/6/26

HALAMAN JUDUL

STUDI EKSPERIMENTAL NILAI KALOR BODIESEL DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH

SKRIPSI

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

Oleh:

KIKI SYAHBANA SEMBIRING
178130053

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 8/6/26

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 (repositori.uma.ac.id)8/6/26

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai 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, Maret 2024

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS MEDAN AREA' and 'A38AMX319815766'. The signature is written in a cursive style.

Kiki Syahbana Sembiring

178130053

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Kiki Syahbana Sembiring
NPM : 178130053
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 yang berjudul: **Studi Eksperimental Nilai Kalor Biodiesel Diproduksi dari Minyak Goreng Limbah**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi 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: 1 Oktober 2025
Yang menyatakan,



Kiki Syahbana Sembiring
178130053

ABSTRAK

Industrialisasi dan peningkatan populasi begitu pesat telah menyebabkan permintaan energi yang besar dalam beberapa tahun terakhir dan dampak lingkungan yang negatif yang disebabkan bahan bakar fosil. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan bahan bakar terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil dengan proses produksi yang murah, cepat dan efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari variasi waktu reaksi pada nilai kalor biodiesel dan rendemen biodiesel. Produksi biodiesel dalam penelitian ini menggunakan bahan baku limbah minyak goreng. Metode Penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu esterifikasi dengan katalis asam (H_2SO_4) dan transesterifikasi dengan katalis basa ($NaOH$). Proses produksi dimulai dari proses degumming dengan menggunakan H_3PO_4 . Selanjutnya proses esterifikasi pada putaran 1000 rpm selama 90 menit. Proses transesterifikasi menggunakan katalis basa ($NaOH$) divariasikan konsentrasi (60,70, 80, 90,100) menit pada temperatur $60\text{ }^\circ C$ dengan putaran 1000 rpm dan waktu 1.5 jam. Hasil biodiesel diuji nilai kalor dari kelima variasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu yang menghasilkan nilai optimum rendemen diperoleh pada waktu 90 menit yaitu 97%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biodiesel jenuh, yang berasal dari minyak goreng limbah, memiliki nilai kalor variasi waktu (60,70,80,90,100) menit masing masing (38,7; 39,75; 41,35; 40,35;39,3) MJ/kg dan mendekati target nilai kalor yaitu 38.4 MJ/kg. Sampel biodiesel diproduksi dari 5 variasi waktu reaksi produksi biodiesel yang berbeda. Regresi linear digunakan untuk mendapatkan model. Ketepatan prediksi yang tinggi diperoleh untuk nilai pemanasan yang lebih tinggi dengan kesalahan prediksi $<5\%$, yang menunjukkan tingkat korelasi yang baik tetapi juga mengungkapkan bahwa parameter lain juga dapat mengganggu dan harus dipertimbangkan untuk mencapai akurasi yang dapat diterima.

Kata Kunci : Nilai Kalor Biodiesel, Metanol, Minyak Goreng Limbah

ABSTRACT

Industrialization and rapid population growth have led to huge energy demands in recent years and negative environmental impacts caused by fossil fuels. One solution is to use renewable fuels to replace fossil fuels with a cheap, fast and effective production process. The aim of this research is to determine the results of variations in reaction time on the heating value of biodiesel and biodiesel yield. Biodiesel production in this research uses waste cooking oil as raw material. Methods This research uses 2 methods, namely esterification with an acid catalyst (H_2SO_4) and transesterification with a base catalyst ($NaOH$). The production process starts from the degumming process using H_3PO_4 . Next is the esterification process at 1000 rpm for 90 minutes. The transesterification process uses a base catalyst ($NaOH$) with varying concentrations (60,70, 80, 90,100) minutes at a temperature of 60 oC with a rotation of 1000 rpm and a time of 1.5 hours. The biodiesel results were tested for the calorific value of the five variations. The research results show that the time variation that produces the optimum yield value is obtained at 90 minutes, namely 97%. The results of this study show that saturated biodiesel, which comes from waste cooking oil, has a heating value varying over time (60,70,80,90,100) minutes respectively (38.7; 39.75; 41.35; 40.35; 39 .3) MJ/kg and approaching the target calorific value, namely 38.4 MJ/kg. Biodiesel samples were produced from 5 different variations of biodiesel production reaction times. Linear regression is used to obtain the model. High prediction accuracy was obtained for higher heating values with a prediction error of <5%, indicating a good degree of correlation but also revealing that other parameters may also interfere and must be considered to achieve acceptable accuracy.

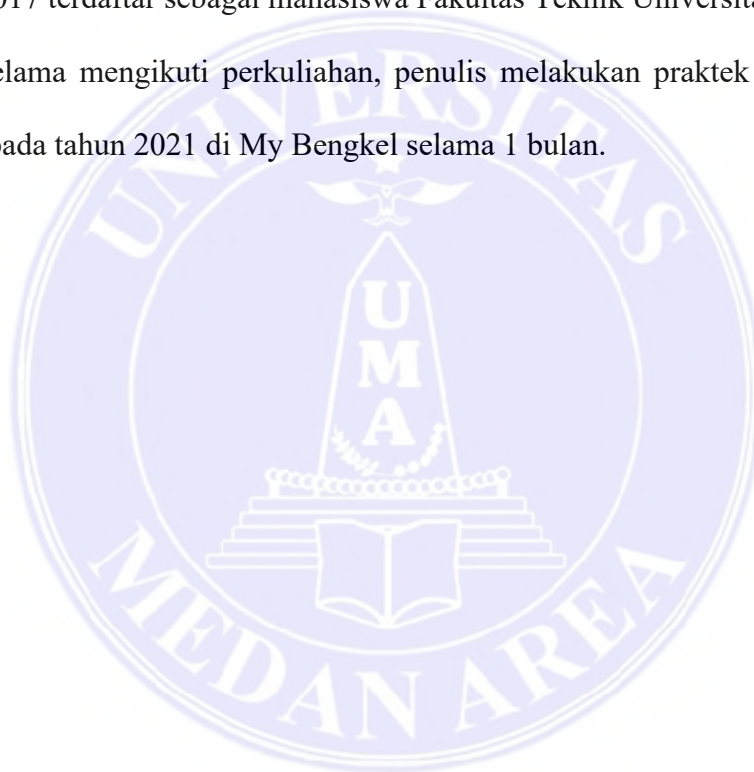
Keywords: Calorific Value of Biodiesel, Methanol, Waste Cooking Oil

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 09 September 1999 dari ayah Didit Sembiring dan ibu Elviana. Penulis merupakan putra pertama dari 3 bersaudara.

Tahun 2017 penulis lulus dari SMK Swasta Panca Budi 1 Medan dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis melakukan praktek kerja lapangan (PKL) pada tahun 2021 di My Bengkel selama 1 bulan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunianya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema dalam penelitian ini adalah konversi energy dengan judul “Studi Eksperimental Nilai Kalor Biodiesel Diproduksi Dari Minyak Goreng Limbah”.

Terima kasih 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, 8 Maret 2024



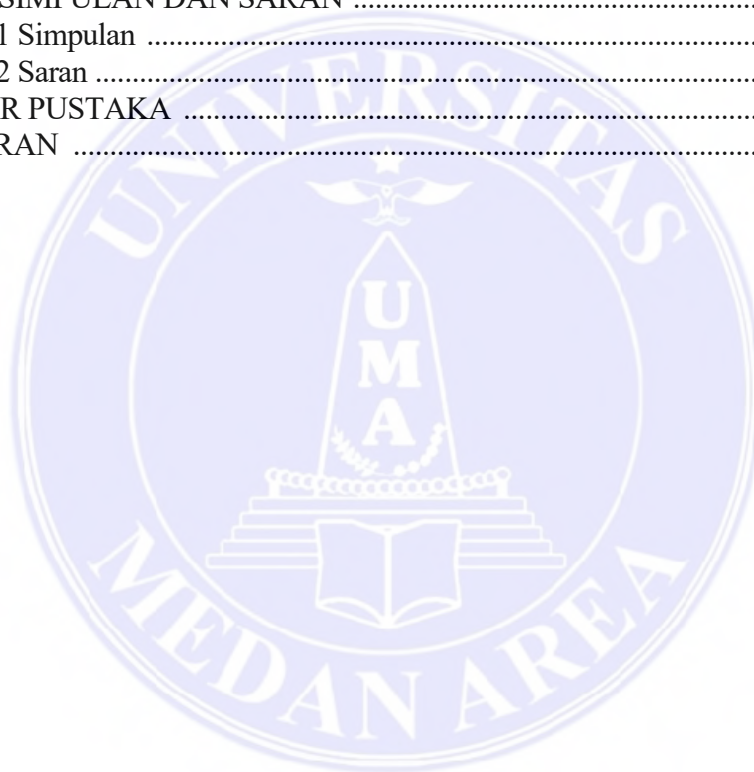
Kiki Syahbana Sembiring

178130053

DAFTAR ISI

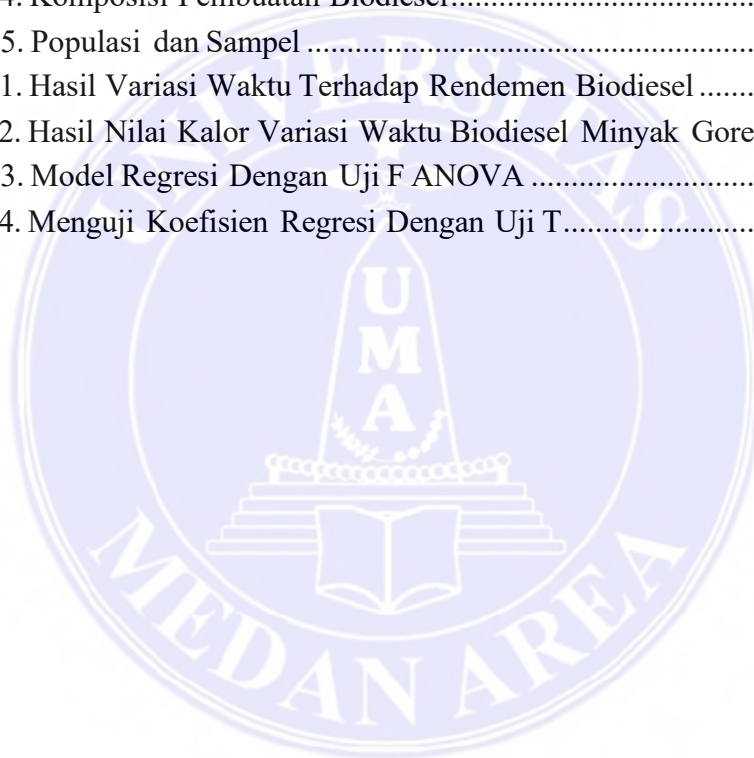
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Hipotesis Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Limbah Minyak Goreng	8
2.2 Proses Transesterifikasi	10
2.2.1 Metanol	11
2.2.2 Katalis	12
2.3 Proses Degumming	13
2.4 Esterifikasi	14
2.5 Biodiesel	15
2.5.1 Sifat Baku Mutu Diesel	17
2.5.2 Sifat-Sifat Penting Biodiesel	20
2.5.2.1 Bilangan Asam	20
2.5.2.2 Bilangan Iodin	20
2.5.2.3 Angka Setana	21
2.5.2.4 Kadar Air	21
2.5.2.5 Titik Nyala	21
2.5.2.6 Densitas	22
2.5.2.7 Viskositas	22
2.6 Analisis ANOVA	23
2.6.1 Metode ANOVA	23
2.6.2 Uji Regresi	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat	26
3.1.1 Waktu Penelitian	26
3.1.2 Tempat Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	27
3.2.1 Bahan	27
3.2.2 Alat	28
3.3 Metode Penelitian	31

3.4 Populasi dan Sampel	32
3.5 Prosedur Kerja	32
3.5.1 Proses Pembuatan Biodiesel	32
3.5.2 Prosedur Pengujian Biodiesel	33
3.5.2.1 Pengujian dengan Pensky Martens Flash Point Tester	33
3.5.2.2 Pengujian dengan Stabinger Viscometer SVM 3001	34
3.5.3 Pengujian Angka Iodin	34
3.5.4 Diagram Alur Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil	37
4.1.1 Hasil Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Yield (rendemen) Biodiesel	37
4.1.2 Hasil Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Nilai Kalor	38
4.2 Pembahasan	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-Sifat Minyak Goreng.....	8
Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Goreng.....	8
Tabel 2.3 Sifat-Sifat Dan Kima Metanol.....	11
Tabel 2.4. Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 2019	15
Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN).....	16
Tabel 2.6. Tabel Biodiesel Standar ASTM	17
Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Biodiesel.....	24
Tabel 3.2. Bahan Pembuatan Biodiesel	25
Tabel 3.3. Alat Pembuatan Biodiesel	27
Tabel 3.4. Komposisi Pembuatan Biodiesel.....	31
Tabel 3.5. Populasi dan Sampel	31
Tabel 4.1. Hasil Variasi Waktu Terhadap Rendemen Biodiesel	35
Tabel 4.2. Hasil Nilai Kalor Variasi Waktu Biodiesel Minyak Goreng Limbah ...	36
Tabel 4.3. Model Regresi Dengan Uji F ANOVA	39
Tabel 4.4. Menguji Koefisien Regresi Dengan Uji T.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi Transesterifikasi dengan katalis Homogen	12
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian	34
Gambar 4.1. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Nilai Kalor	37
Gambar 4.2. Residual Plot Nilai Kalor	41
Gambar 4.3. Hasil Biodiesel pengaruh variasi waktu terhadap Nilai Kalor	41



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 akan energi di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan ekonomi. Namun, ketersediaan sumber energi saat ini, terutama minyak bumi, sangat terbatas di beberapa wilayah dan semakin cepat habis karena penggunaan yang intensif. Menipisnya cadangan minyak bumi telah mendorong penelitian dan pengembangan berbagai sumber energi alternatif. (Sinaga, Haryanto, and Triyono 2014).

Peningkatan penggunaan minyak sebagai sumber energi telah memunculkan masalah yang perlu diatasi, yaitu perlunya mencari alternatif energi terbarukan. Minyak bumi, yang saat ini merupakan sumber energi utama, adalah sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Proses pembentukan minyak bumi membutuhkan waktu jutaan bahkan ratusan juta tahun untuk mengubah bahan organik menjadi minyak yang dapat digunakan. Dengan semakin tingginya konsumsi minyak, persediaan minyak bumi semakin menipis. (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 jenis bahan bakar yang terdiri dari ester asam lemak yang diperoleh dari minyak nabati atau hewani melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi. Bahan bakar ini digunakan sebagai pengganti minyak solar dalam aplikasi mesin diesel. Biodiesel memiliki potensi yang besar untuk menggantikan penggunaan minyak solar konvensional. Biodiesel diproduksi dari bahan baku minyak nabati atau hewani yang dapat diperbaharui. Sifat terbarukan ini memungkinkan biodiesel diproduksi secara berkelanjutan dan berkala. Bahan baku untuk biodiesel, yaitu minyak nabati dan hewani, relatif mudah diperoleh, terutama dengan adanya sumber-sumber limbah seperti minyak goreng bekas. Selain itu, harga biodiesel juga cenderung stabil, memberikan kestabilan dalam industri energi. (Aziz 2010).

Menggunakan bahan baku yang melimpah dan murah adalah salah satu langkah yang penting dalam mengurangi biaya produksi biodiesel. Minyak goreng bekas menjadi salah satu bahan baku biodiesel yang melimpah karena semakin meningkatnya jumlah limbah minyak goreng yang dihasilkan. Selain itu, penggunaan minyak goreng bekas juga dapat membantu mengatasi masalah lingkungan, terutama pencemaran air. Dengan menggunakan minyak goreng bekas sebagai bahan baku biodiesel, kita dapat mengurangi jumlah limbah minyak yang dibuang ke lingkungan. Limbah minyak goreng yang tidak diproses dengan baik dapat menyebabkan pencemaran air, merusak ekosistem perairan, dan mengganggu kehidupan organisme air. Dengan mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel, kita dapat mengurangi dampak negatifnya dan menjaga kualitas air yang lebih baik. (Glisic dan Orlovic, 2014).

Penggunaan mesin diesel dapat menimbulkan risiko bagi lingkungan dan kesehatan manusia karena emisi gas buang yang dihasilkannya. Untuk mengatasi masalah ini, biodiesel menjadi solusi yang baik. Biodiesel diproduksi dari berbagai sumber, termasuk minyak nabati dan hewan, sehingga menjadi pilihan terbaik untuk mengurangi polusi udara yang semakin meningkat di lingkungan kita. Dengan menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar untuk mesin diesel, emisi gas buang yang dihasilkan dapat dikurangi secara signifikan. Biodiesel memiliki sifat pembakaran yang lebih bersih, menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Hal ini membantu melindungi kualitas udara yang kita hirup dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. (Saravanan et al. 2018).

Pentingnya penelitian terhadap bahan bakar alternatif, terutama biodiesel, disebabkan oleh kemampuannya dalam menghasilkan pembakaran yang efisien dan mengurangi emisi gas buang. Dalam produksi biodiesel, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah minyak nabati yang tidak dapat dikonsumsi. Minyak goreng bekas menjadi salah satu sumber minyak nabati yang paling signifikan untuk produksi biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah, terutama di Indonesia. Selain itu, biaya produksi biodiesel dari minyak goreng bekas juga relatif lebih rendah dibandingkan dengan minyak baku lainnya. (Kolakoti and Satish 2020).

Seiring dengan peningkatan konsumsi minyak goreng bekas, kemungkinan penggunaannya juga meningkat. Saat ini, minyak goreng sering kali digunakan berulang kali dalam industri makanan. Namun, penggunaan minyak goreng bekas dalam produksi makanan dapat membahayakan kesehatan dan memiliki sifat

karsinogenik. Salah satu solusi untuk mengurangi limbah minyak goreng bekas adalah dengan melakukan penyulingan menjadi biodiesel. Dengan mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel, kita dapat menghasilkan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Proses penyulingan ini dapat menghilangkan kotoran dan kontaminan yang ada dalam minyak goreng bekas, sehingga mengurangi risiko dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. (Haryanto et al. 2015).

Di negara-negara padat penduduk seperti Indonesia, Cina, dan India, minyak goreng bekas mudah ditemukan. Banyak ibu rumah tangga yang membuang minyak bekas begitu saja, menyebabkan pencemaran lingkungan dan pemborosan. Bahkan di hotel dan restoran, minyak bekas sering kali dibuang tanpa memperhatikan dampak negatifnya, yang berpotensi berbahaya bagi lingkungan dan kehidupan. Namun, dengan mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel, kita dapat menghasilkan sumber energi yang berguna sambil membantu mengurangi ketergantungan impor dan meningkatkan peluang kerja lokal. Biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng bekas memiliki sifat yang sesuai dengan standar ASTM dan EN, sehingga dapat digunakan dengan aman dan efisien. Dengan mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel, kita dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan memanfaatkan sumber daya yang sebelumnya terbuang sia-sia. Selain itu, ini juga merupakan langkah yang positif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan mendukung ekonomi lokal. (Gnanaprakasam et al. 2013).

Biodiesel dibuat dari minyak goreng bekas melalui reaksi kimia yang disebut transesterifikasi. Dalam proses ini, gugus gliserol dalam minyak

nabati (trigliserida) digantikan oleh molekul alkohol tunggal seperti metanol. Reaksi ini dapat dilakukan dengan mencampurkan minyak nabati dengan NaOH dalam metanol, menghasilkan biodiesel sebagai produk akhir. (Andalia and Pratiwi 2018).

Metanol digunakan secara umum sebagai jenis alkohol dalam produksi biodiesel karena harganya yang terjangkau dan memiliki rantai alkohol yang pendek, sehingga mempermudah pembentukan biodiesel (Zeng dkk., 2017). Proses pembentukan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi lebih disukai karena memiliki kecepatan reaksi yang tinggi, memerlukan suhu rendah, dan membutuhkan waktu yang singkat (Leung dkk., 2010). Keberhasilan reaksi transesterifikasi dalam pembentukan biodiesel dipengaruhi oleh suhu reaksi, waktu, kecepatan pengadukan, jumlah katalis, dan perbandingan mol antara minyak dan metanol. (Banerjee dan Chakraborty, 2009).

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 transesterifikasi biodiesel. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki bentuk yang sama dengan reaktan. Dalam reaksi kimia, katalis homogen bertindak sebagai perantara (fasilitator). Katalis homogen yang digunakan antara lain NaOH, KOH, ZA, ZA kering, ZKOH dan Z-KOH.

Nilai kalor biodiesel dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan untuk produksinya. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai

kalor biodiesel antara lain komposisi kimia, kandungan oksigen, dan kepadatan bahan baku. Secara umum, biodiesel memiliki nilai kalor yang mirip dengan bahan bakar diesel konvensional. Perlu diingat bahwa nilai kalor biodiesel dapat berbeda-beda tergantung pada jenis bahan baku dan metode produksi yang digunakan. (Rahardja, Sukarman, and Ramadhan 2019)

Berdasarkan uraian di atas ini penulis mencoba melakukan penelitian yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL NILAI KALOR BODIESEL DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH“. Berdasarkan judul ini dapat diharapkan hasil dari penelitian ini dapat diperoleh energi baru terbarukan yang dapat mengurangi dari limbah minyak goreng dan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar fosil.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

- a) Berapakah hasil pembuatan nilai kalor biodiesel dari minyak goreng limbah dengan variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min berpengaruh pada nilai kalor?
- b) Apakah ada pengaruh dari hasil minyak goreng limbah terhadap nilai kalor?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a) Untuk mengetahui hasil dari variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min pada nilai kalor.

- b) Untuk Mengetahui adanya pengaruh dari hasil minyak goreng limbah pada nilai kalor.

1.4 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 statistic
- e) Kriteria H_0 jika nilai p-value $< 0,05$

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a) Meningkatkan nilai ekonomis minyak goreng limbah.
- b) Dapat dipergunakan sebagai pengganti bahan bakar solar.
- c) Untuk pengetahuan mahasiswa atau masyarakat luas bahwa limbah minyak goreng limbah bisa dipergunakan untuk 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 kisaran suhu 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 goreng dapat dilihat pada table 2.1. dibawah ini.

Tabel 2.1. Sifat-sifat Minyak Goreng

No	Sifat Fisik Minyak Goreng	Sifat Kimia Minyak Goreng
1	Warna coklat kekuningan	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 dari rantai 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 goreng dari minyak goreng sawit ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Goreng

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 Linolenat	1,59	wt%
6	Asam Miristat	3,21	wt%
7	Asam Laurat	1,1	wt%

2.2 Proses Transesterifikasi

Metode yang paling umum untuk mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel adalah transesterifikasi. Transesterifikasi adalah suatu metode perubahan 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 biodiesel) dan lisierol. 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 transestrifikasi 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 dan gliserol sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali (Hikmah and Zuliyana 2015).

2.2.1 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 alifatik 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 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

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 Kimia Metanol

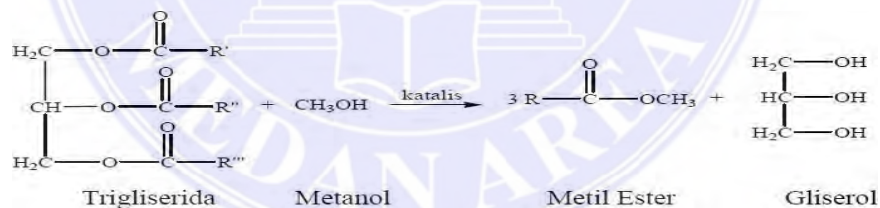
No	Karakteristik	Nilai
1	Massa molar	32.04 g/mol
2	Wujud cairan	tidak berwarna
3	<i>Spesific gravity</i>	0.7918
4	Titik leleh	-97 °C, -142.9 °F (176 K)
5	Titik didih	64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)
6	Kelarutan dalam air	sangat larut
7	Keasaman (pKa)	~ 15.5

2.2.2 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 di tambahkan. 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 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:



Gambar 2.1. Reaksi Transesterifikasi dengan katalis Homogen

2.3 Degumming

Degumming merupakan pre-treatment yang bertujuan untuk memisahkan gum (getah atau lendir) berupa fosfolipid, protein, karbohidrat, dan resin (polimer). Selain itu, degumming ini juga bertujuan untuk mengurangi ion logam (Fe^{3+} , Cu^{2+}), memudahkan proses pemurnian selanjutnya, dan memperkecil

terjadinya loss pada minyak.

Proses degumming ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pemanasan, penambahan asam fosfat, penambahan natrium hidroksida, hidrasi, dan penggunaan pereaksi khusus seperti asam format, natrium klorida, dan natrium fosfat. Secara garis besar, terdapat dua jenis proses degumming, yaitu: water degumming yang dilakukan dengan penambahan air pada suhu minyak 60- 90°C yang diikuti proses pemisahan dengan gaya sentrifugal dan acid degumming yang dilakukan untuk pospatida yang tidak dapat dihilangkan melalui pemanasan, terdapat penambahan larutan asam (asam sitrat atau asam fosfat) dan sejumlah metanol. Proses degumming dengan menambahkan asam fosfat adalah proses yang paling banyak dilakukan dalam industri.

Asam fosfat dan sitrat biasa digunakan pada proses degumming karena dapat mengikat logam berat. Asam fosfat sebagai degumming agent sangat baik digunakan dalam proses pemurnian minyak kelapa. Jika dosis asam fosfat yang digunakan terlalu tinggi, kandungan senyawa fosfat dalam minyak juga tinggi sehingga tidak bisa dihilangkan pada proses bleaching. Konsentrasi asam fosfat yang digunakan adalah 85%. Tujuan penambahan asam fosfat adalah untuk mengendapkan phosphatide yang bersifat nonhydratable menjadi hydratable sehingga dapat dipisahkan dari minyak melalui proses pencucian (Hasibuan and Made Ayu Yudawati 2013).

2.4 Proses Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi untuk membentuk senyawa ester. Ester-ester

organik banyak digunakan di industri, yaitu sebagai solven, bahan parfum, bahan aroma buatan, dan prekursor bahan-bahan farmasi. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang berjalan lambat sehingga membutuhkan katalis untuk menunjang kecepatan reaksi. Maka dari itu banyak penelitian dilakukan untuk mempelajari kinetika reaksi, baik dengan katalis homogen maupun heterogen. Katalis homogen yang biasa digunakan dalam industri adalah asam sulfat. Ion H^+ dari asam sulfat sebagai asam kuat mendorong asam karboksilat untuk terprotonasi sehingga reaksi dapat terjadi. Oleh karena itu asam sulfat memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen seperti resin atau zeolit.

Reaksi esterifikasi adalah reaksi bolak-balik sehingga konversi dibatasi oleh konversi kesetimbangan, umumnya mengambil perbandingan komposisi pereaksi dengan jumlah alkohol berlebihan dengan maksud memperbesar konversi kesetimbangan. Untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk, dilakukan berbagai cara, yaitu dengan menggunakan reaktan yang berlebih (excess), menghilangkan air dari campuran dengan menambahkan benzene sebagai cosolvent dan mendistilasi campuran azeotrop air dan benzene, serta mengatur suhu reaksi esterifikasi hingga kesetimbangan bergeser ke arah produk (Fakhry and Rahayu 2016).

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 (titik nyala) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jika disimpan 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
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 /100g), maks	115
16	Kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat	Menit	45
17	Monogliserida	%-massa, maks	0,55
18	Warna	Maks	3
19	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 pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN)

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
----	---------------	------------------	-------------

1	Densityat 15°C	kg/m ²	860-900
2	Viscosityat 40°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 contamitaion	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
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. Tabel Biodiesel 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

2.5.2.1 Bilangan Asam

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

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

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)

2.5.2.2 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.

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).

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

massa lemak (g)

Dimana :

v titran blanko = 7 mL

v titran sampel = 2 Ml

m lemak = 0,5 gram

N natrium tiosulfat = 0,1 N

2.5.2.3 Angka Sentana

Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan keruang 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.

2.5.2.4 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.

2.5.2.5 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.

2.5.2.6 Densitas

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 (\tilde{n}_{bd}) diukur dengan metode paling sederhana menggunakan piknometer dan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

$$\tilde{n}_{bd} = m / v \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

\tilde{n}_{bd} = massa jenis biodiesel (kg/m^3)

m = massa sampel biodiesel (kg)

v = volume (m^3)

2.5.2.7 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 (2.5).

$$\dot{i}_{bd} = K (\tilde{n}_{bola} - \tilde{n}_{bd}) t \dots\dots\dots (2.5)$$

\dot{i}_{bd} = Viskositas biodiesel (cST)

K	= Koefisien bola baja <i>stainless</i> (mPa.s.m ³ /kg.s)
\tilde{n}_{bola}	= Massa jenis bola baja (kg/l)
\tilde{n}_{bd}	= Masa jenis biodiesel (kg/m ³)
t	= Waktu aliran bola (s)

2.6 Analisis Variasi

2.6.1 Metode Anova

ANOVA (Analysis of Variance), adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata antara tiga atau lebih kelompok atau perlakuan yang berbeda. Teknik ini sangat berguna dalam penelitian ilmiah, eksperimen, dan studi komparatif yang melibatkan pengumpulan data dari beberapa kelompok (Bustami, Abdullah, and Fadlisayah 2014).

Tujuan utama analisis variasi adalah untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kelompok. Dalam hal ini, "variasi" mengacu pada variasi dalam data yang disebabkan oleh faktor-faktor yang berbeda seperti perlakuan atau kelompok.

ANOVA beroperasi berdasarkan premis bahwa variasi dalam data dapat dibagi menjadi dua komponen utama: variasi antar kelompok (between-group variation) dan variasi dalam kelompok (within-group variation). Jika variasi antar kelompok melebihi variasi dalam kelompok, itu menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok tersebut.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam melakukan analisis variasi (ANOVA):

- a. Menentukan hipotesis nol (null hypothesis) dan hipotesis alternatif (alternative

- hypothesis). Hipotesis nol menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok, sementara hipotesis alternatif menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan antara kelompok.
- b. Mengumpulkan data dari masing-masing kelompok atau perlakuan yang akan dibandingkan.
 - c. Menghitung statistik uji ANOVA, yang disebut F-ratio atau F-statistic. F-ratio dihitung dengan membandingkan variasi antar kelompok dengan variasi dalam kelompok.
 - d. Menentukan nilai kritis atau batas signifikansi untuk F-ratio. Ini menentukan apakah perbedaan antar kelompok itu signifikan atau hanya terjadi secara kebetulan.
 - e. Membandingkan nilai F-ratio yang dihitung dengan nilai kritis. Jika nilai F-ratio yang dihitung lebih besar dari nilai kritis, maka hipotesis nol ditolak dan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok-kelompok tersebut. Jika nilai F-ratio yang dihitung lebih kecil dari nilai kritis, maka hipotesis nol diterima dan tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok-kelompok tersebut.

Jika terdapat perbedaan yang signifikan, analisis lebih lanjut seperti uji post-hoc dapat dilakukan untuk menentukan perbedaan yang spesifik antara kelompok-kelompok. ANOVA memiliki beberapa variasi dan aplikasi yang lebih kompleks, seperti ANOVA satu arah (one-way ANOVA; persamaan 2.6) untuk membandingkan kelompok-kelompok tunggal, ANOVA dua arah (two-way ANOVA) untuk membandingkan dua faktor atau perlakuan, ANOVA faktorial untuk membandingkan efek interaksi antara beberapa faktor, dan lain sebagainya. Dengan menggunakan analisis variasi (ANOVA), peneliti dapat menyimpulkan

apakah ada perbedaan yang signifikan antara kelompok atau perlakuan, serta memahami efek faktor-faktor tersebut terhadap variabel yang diamati.

$$\sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{N_{Ai}} - \frac{(\sum XT)^2}{N} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.6.2 Uji Regresi

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 :

$$\hat{Y} = a+bX$$

Dimana :

- \hat{Y} (baca Y hat) = subjek variabel terikat yang diproyeksikan
- X = variabel bebas yang punya nilai tertentu untuk diprediksikan
- a = merupakan suatu nilai konstan.
- b = adalah nilai gradien penentu ramalan .

$$n * \sum XY - \sum X * \sum Y$$

$$b = \frac{\quad}{\quad}$$

$$n * \sum X^2 - (\sum X)^2$$

Dan

$$a = \frac{\sum Y - B * \sum X}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

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

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian

Aktivitas	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

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini berada di Lab Teknik Mesin




Universitas Medan Area, serta Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Politeknik Negeri Medan di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.


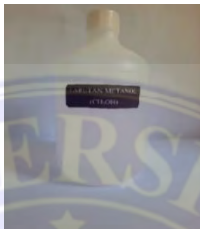

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Bahan Pembuatan Biodiesel


No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
1.	Minyak Goreng Limbah (MGL)		Limbah minyak goreng menjadi bahan utama dalam pembuatan biodiesel dalam penelitian ini. Minyak goreng yang digunakan diambil dari sisa-sisa rumah makan dan restoran.
2.	H ₃ PO ₄		Larutan H ₃ PO ₄ merupakan larutan yang digunakan dalam proses degumming (pemisahan getah).
3.	H ₂ SO ₄		Larutan H ₂ SO ₄ (asam sulfat) merupakan larutan yang digunakan dalam proses esterifikasi dalam pembuatan biodiesel.

<p>4. NaOH</p>		<p>Natrium hidroksida, juga dikenal sebagai soda api, merupakan senyawa ionik yang berbentuk padatan putih. Dalam penelitian ini, natrium hidroksida digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel.</p>
<p>5. Metanol</p>		<p>Metanol atau juga disebut dengan metilalkohol adalah bentuk alkohol paling sederhana, yang berbentuk cairan ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar dan beracun. Pada penelitian ini methanol berfungsi sebagai campuran dengan katalis pada proses trasterifikasi dalam pembuatan biodiesel.</p>
<p>6. Aquades</p>		<p>Aquades atau air destilasi adalah air yang dihasilkan melalui proses Penyulingan atau biodiesel.</p>

3.2.2 Alat

Alat – alat yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Alat Pembuatan Biodiesel

No	Nama Alat	Gambar	Keterangan
1.	Timbangan Digital		Timbangan digital digunakan untuk menghitung berat zat kimia yang berbentuk bubuk, seperti natrium hidroksida (NaOH).
2.	Gelas ukur		Gelas ukur berskala digunakan untuk mengukur bahan kimia larutan metanol (CH ₃ OH) dan limbah minyak goreng (WCO) dan air.
3.	Hot Plate Magnetic Stirrer		Hot Plate Magnetic Stirrer berperan dalam memanaskan dan mengaduk katalis metanoksida (metanol dan natrium hidroksida) sebelum larutan metanoksida dicampurkan dengan limbah minyak goreng di dalam reaktor berlapis ganda.

4. Corong



Corong digunakan untuk mentransfer biodiesel atau metanol dari satu botol ke botol lain dengan cara yang efisien dan tanpa adanya tumpahan atau kebocoran.

5. Sparator (tabung pemisah)



Tabung pemisah atau separator digunakan untuk memisahkan biodiesel dari gliserol, serta berperan dalam memisahkan biodiesel dari air destilasi saat proses pencucian biodiesel.

6. Kertas saring



Kertas saring memiliki fungsi untuk menyaring residu makanan dari limbah minyak goreng serta berperan dalam menyaring sisa katalis selama proses transesterifikasi.

7. Sarung tangan



Sarung tangan berfungsi sebagai perlindungan untuk tangan dari bahan kimia yang dapat menyebabkan luka bakar atau iritasi kulit selama proses pembuatan biodiesel.

8. Aquastil Water Destilasi



Aquastil water destilasi merupakan alat yang digunakan untuk mendapatkan air murni melalui proses penyulingan.

9. Pensky Martens Flash Point



Pensky Martens Flash Point digunakan untuk mengukur titik nyala (flash point) biodiesel menggunakan metode ASTM D93.

10. Stabinger vicometer SVM 3001



Alat pengujian ini berfungsi untuk mengukur viskositas dan densitas biodiesel menggunakan metode ASTM D455.

11. ECH Triator



ECH Triator merupakan alat pengujian yang berfungsi untuk menentukan bilangan asam serta 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).

3.4 Populasi Dan Sampel

Dalam konteks teknis analisis dan metode pengujian pengaruh reaksi waktu terhadap angka setana pada pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng limbah, populasi dan sampel dapat dijelaskan sebagai berikut (tabel 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 populasi dan sampel bisa dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Populasi dan Sampel

No	Waktu Reaksi	Nilai kalor
1	60 min	-
2	70 min	-
3	80 min	-
4	90 min	-
5	100 min	-

3.5 Prosedur kerja

3.5.1 Proses Pembuatan Biodiesel

- a) Sediakan minyak goreng limbah sebanyak 0,9 kg untuk proses degumming menggunakan alat DJR (Double Jacket Reaktor) dengan campuran 2% H₂SO₄ 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 H₂SO₄ 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 alat 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

3.5.2.1 Pengujian dengan Pensky Martens Flash Point Tester

- a) Langkah awal yaitu menekan tombol “On/Of”.
- b) Berikutnya menyiapkan sampel untuk diuji, setelah itu sampel dimasukan kedalam gelas reaktor banyak 70 ml, setelah itu tutup gelas reaktor dengan penutup.
- c) Berikutnya masukkan “multi detector” kedalam lubang gelas reaktor.

- d) Setelah itu pilih main menu, lalu klik “Test Run” ubah sampel “Name” ubah ELFP 2000C.
- e) Berikutnya ubah program “ASTM D93 setelah itu klik enter dan klik “RUN”.

3.5.2.2 Pengujian dengan Stabinger Viscometer SVM 3001

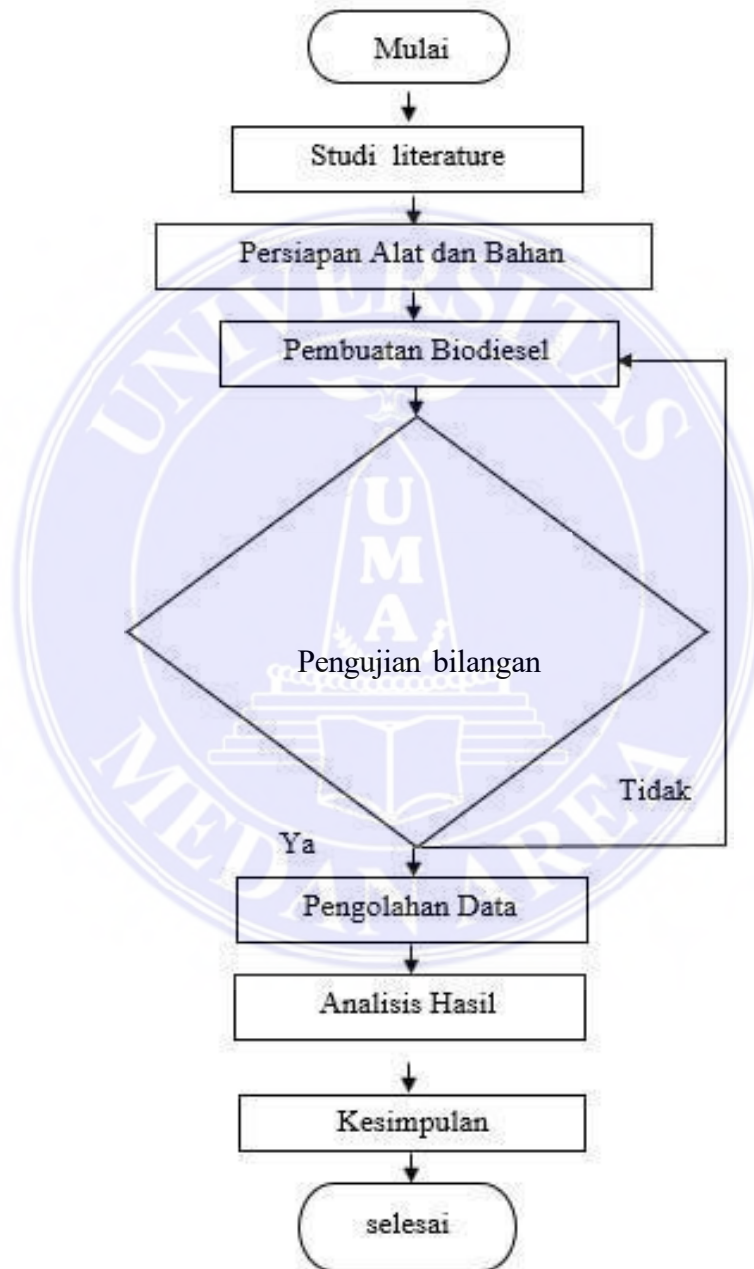
- a) Langkah awal yaitu menekan tombol “On/Of”.
- b) Berikutnya menyiapkan sampel untuk di uji, selanjutnya di injeksikan kedalam mesin secara perlahan.
- c) Berikutnya tekan “Method” di layer utama.
- d) Setelah itu pilih untuk di uji setelah itu tekan “OK”.
- e) Berikutnya tekan “Quick Setting” untuk 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. Lalu tekan “OK”.
- h) Selanjutnya tunggu sampai proses “Measuring” selesai, apabila selesai dapat diberitanda dengan “Finished”.
- i) Berikutnya pilih “Measured” untuk dapat melihat data hasil pengukuran.
- j) Lalu pilih data yang di tampilkan setelah itutekan “Details” untuk dapat melihat hasil data pengujian.

3.5.3 Pengujian Angka Iodin

- a) Siapkan larutan natrium tiosulfat.
- b) Berikutnya siapkan larutan reaksi iodine monochloride, dan larutkan iodine monochloride dengan asam asetat glasialn.

- c) Berikutnya siapkan larutan kalium yodium.
- d) Selanjutnya siapkan larutan magnesium asetat.
- e) Berikutnya 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) Berikutnya lakukan titrasi tanpa sampel dalam materi yang sama.

3.5.4 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biodiesel yang berasal dari minyak goreng limbah, memiliki nilai kalor variasi waktu (60,70,80,90,100) menit masing masing (38,7; 39,75; 41,35; 40,35;39,3) MJ/kg dan mendekati target nilai kalor yaitu 38.4 MJ/kg.
2. Pengaruh waktu reaksi terhadap nilai kalor bahan bakar biodiesel dapat dijelaskan sebagai berikut: Reaksi transesterifikasi proses produksi biodiesel melibatkan reaksi transesterifikasi, di mana minyak atau lemak diubah menjadi ester-ester metil atau etil yang lebih ringan dengan bantuan katalis.

5.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian selanjutnya adalah memperluas cakupan penelitian untuk memasukkan lebih banyak jenis bahan baku biodiesel, termasuk bahan baku non-tradisional seperti alga atau limbah organik, untuk memahami pengaruh komposisi asam lemak yang lebih luas. Melakukan analisis lebih mendalam terhadap faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi sifat-sifat biodiesel, seperti pengaruh dari proses produksi, penyimpanan, dan penggunaan aditif. Melakukan penelitian terkait dengan pengembangan teknologi produksi biodiesel yang dapat mengoptimalkan dan mempercepat reaksi produksi untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan.

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).
- Cerón Ferrusca, M., Romero, R., Martínez, S. L., Ramírez-Serrano, A., & Natividad, R. J. P. (2023). Biodiesel production from waste cooking oil: A perspective on catalytic processes. *11*(7), 1952.
- Cunha, C. L., Torres, A. R., & Luna, A. S. J. F. (2020). Multivariate regression models obtained from near-infrared spectroscopy data for prediction of the physical properties of biodiesel and its blends. *261*, 116344.
- Gnanaprakasam, A et al. 2013. "Mengulas Artikel Strategi Baru-Baru Biodiesel Produksi FromWaste Minyak Goreng Dan Proses Mempengaruhi Parameter : A Review." 2013.
- Gashaw, A., Teshita, A. J. I. j. o. r., & energy, s. (2014). Production of biodiesel from waste cooking oil and factors affecting its formation: A review. *3*(5), 92-98.
- Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. J. F. (2018). Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. *222*, 574-585.
- 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.
- 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 biodisel dari minyak jelantah dengan metode pencucian dry-wash sistem I Wayan Susila." *Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya* 02: 80–87.
- Kolakoti, Aditya, and G. Satish. 2020. "Biodiesel Production from Low-Grade Oil

- Using Heterogeneous (Purba, 2023) Catalyst: An Optimisation and ANN Model.” *Australian Journal of Mechanical Engineering* 00(00): 1–13.
- Mishra, V. K., & Goswami, R. J. B. (2018). A review of production, properties and advantages of biodiesel. *9(2)*, 273-289.
- Nurulita, B., Nur, T. B., Silitonga, A. S., Milano, J., & Siregar, M. A. J. J. o. I. T. (2023). Effect of Concentration Catalyst in Production and Physicochemical Properties of Frying Cooking Oil and Neem Oil Mixture. *5(1)*, 29-38.
- Rahardja, Istianto Budhi, Sukarman, and Anwar Ilman Ramadhan. 2019. “Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil (CPO) Dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS).” *Jurnal UMJ* 3: 1–12.
- Rezeika, (2017). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis NaOH Dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi Dan Uji Performanya Pada Mesin Diesel . *Skripsi*
- 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.
- Sinaga, Shilvia Vera, Agus Haryanto, and Sugeng Triyono. 2014. “Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah [Effects of Temperature and Reaction Time on the Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil].” *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 3(1): 27–34.

LAMPIRAN

Nama
Perusahaan/ Instituti
Jenis Sampel


: Kiki Syahbana Sembiring
: Universitas Medan Area
: Biodiesel Minyak Jelantah

LAPORAN HASIL UJI NILAI KALOR BODIESEL MINYAK JELANTAH

No : 19/EBT/EN/2023

Tabel 1. Hasil Uji Nilai Kalor Biodiesel Minyak Jelantah

Properties	Unit	ASTM and EN standard			Biodiesel Minyak Jelantah					
		ASTM D6751	Standard method D240	EN 14214	Standard method	60 menit	70 menit	80 menit	90 menit	100 menit
Calorific value	MJ/kg	35 (min)		-	-	38.77	39.75	41.35	40.35	39.3

Diuji Oleh	Tanggal:
	
Bela Nurulita, S.T	