

TUGAS AKHIR

PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RAFLY RIZALDY LUBIS
2107230034



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

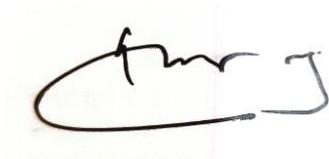
Nama : Rafly Rizaldy Lubis
NPM : 2107230034
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Katalis Heterogen
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan dinyatakan dapat dilanjutkan untuk mengikuti seminar hasil penelitian pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



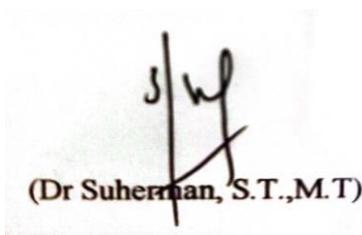
(Dr Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T)

Dosen Penguji II



(Dr Khairul Umurani, S.T.,M.T)

Dosen Penguji III



(Dr Suherman, S.T.,M.T)

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



(Chandra A Siregar, S.T.,M.T)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama lengkap : Rafly Rizaldy Lubis
NPM : 2107230034
Tempat / Tanggal lahir : Medan / 24 April 2003
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

"PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian karya hasil milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan orang lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan apapun ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 September 2025

A handwritten signature in black ink is written over a 10,000 Indonesian Rupiah banknote. The signature is stylized and includes the initials 'RRL'. The banknote is partially visible, showing the number '10000' and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'SERI AYRA'.

Rafly Rizaldy Lubis

ABSTRAK

Ketersediaan energi fosil yang semakin menipis mendorong pencarian sumber energi alternatif yang berkelanjutan, salah satunya biodiesel. Minyak jelantah dipilih sebagai bahan baku karena melimpah, murah, dan berpotensi mengurangi pencemaran lingkungan, meskipun kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalamnya cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis heterogen berbasis kalsium oksida (CaO) yang berasal dari cangkang langkitang. Metode penelitian dilakukan dengan preparasi katalis melalui proses kalsinasi cangkang langkitang pada suhu tinggi untuk menghasilkan CaO aktif, yang kemudian digunakan dalam reaksi transesterifikasi minyak jelantah dengan metanol. Biodiesel yang diperoleh selanjutnya diuji sifat fisiknya meliputi viskositas, densitas, dan titik nyala, serta dianalisis dengan spektroskopi FTIR untuk memastikan terbentuknya metil ester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis CaO dari cangkang langkitang mampu meningkatkan efisiensi reaksi transesterifikasi dengan yield optimum sebesar 86,4% pada konsentrasi katalis 2%. Biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas 5,823 cSt, densitas 0,855 g/cm³, dan titik nyala 201 °C, yang semuanya berada dalam kisaran standar biodiesel SNI 7182:2015. Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah menggunakan katalis heterogen CaO dari cangkang langkitang tidak hanya berpotensi sebagai energi terbarukan, tetapi juga mendukung konsep ramah lingkungan dan ekonomi sirkular.

Kata kunci: biodiesel, minyak jelantah, katalis heterogen, CaO, cangkang langkitang

ABSTRACT

The depletion of fossil fuel reserves encourages the development of sustainable alternative energy sources, one of which is biodiesel. Waste cooking oil was selected as a feedstock due to its abundance, low cost, and potential to reduce environmental pollution, despite its relatively high free fatty acid (FFA) content. This study aims to utilize waste cooking oil for biodiesel production through a transesterification process using a heterogeneous catalyst based on calcium oxide (CaO) derived from langkitang shells. The research method involved catalyst preparation through calcination of langkitang shells at high temperatures to produce active CaO, which was then applied in the transesterification of waste cooking oil with methanol. The biodiesel produced was characterized by measuring its viscosity, density, and flash point, as well as analyzed using FTIR spectroscopy to confirm the presence of methyl esters. The results showed that CaO from langkitang shells effectively enhanced the transesterification reaction, with the optimum yield obtained at 86.4% using 2% catalyst concentration. The biodiesel produced had a viscosity of 5.823 cSt, a density of 0.855 g/cm³, and a flash point of 201 °C, all of which meet the Indonesian biodiesel standard (SNI 7182:2015). Therefore, the utilization of waste cooking oil with CaO derived from langkitang shells not only provides a promising renewable energy source but also supports environmentally friendly practices and the concept of a circular economy.

Keywords: biodiesel, waste cooking oil, heterogeneous catalyst, CaO, langkitang shells

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Katalis Heterogen" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr Suherman S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr Munawar Alfansury S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak / Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis
6. Bapak / Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Sahrin Lubis dan Ibunda Herlina Sitorus S.pd serta Abang saya Khaidir Rahman Lubis A.md yang dengan tulus memberi doa, kasih sayang, nasehat, serta dukungan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, sehingga

penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Kepada rekan – rekan seperjuangan A1 pagi stambuk 2021 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Proposal tugas akhir ini tentu nya masih jauh dari kata kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik mesinan.

Medan, 8 September 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rafly Rizaldy Lubis', with a horizontal line underneath it.

Rafly Rizaldy Lubis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	ivv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biodiesel	5
2.2 Minyak Jelantah	6
2.3 Reaksi Transesterifikasi	8
2.4 Katalis	9
2.5 Katalis Heterogen	10
2.6 Siput Langkitang	13
2.7 Metanol	15
2.8 Kalsinasi	16
2.9 Kalsium Oksida (CaO)	17
2.10 Yield	18
2.11 Densitas	19
2.12 Viskositas	19
2.13 Titik nyala	20
2.14 Analisis FTIR	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Waktu dan Tempat	21
3.3 Alat dan Bahan	21
3.3.1 Alat	21
3.3.2 Bahan	30
3.4 Diagram Alir	33
3.5 Prosedur Penelitian	34
3.5.1 Preparasi Katalis	35
3.5.2 Penentuan Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB)	35

Minyak Jelantah	
3.5.3 Esterifikasi	36
3.5.4 Transesterifikasi	37
3.6 Analisis Parameter Uji Biodiesel	38
3.6.1 Penentuan Yield Biodiesel	38
3.6.2 Analisis Densitas	38
3.6.3 Analisis Viskositas	39
3.6.4 Analisis Flash Point (Titik Nyala)	39
3.6.5 Analisis Spektrum FTIR Biodiesel	39
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Data Hasil Penelitian	40
4.1.1. Data Hasil Kadar FFA Minyak Jelantah	40
4.1.2. Analisa Persentase Yield Biodiesel	41
4.1.3 Sifat Fisiokimia Biodiesel	42
4.1.3.1 Viskositas Biodiesel	43
4.1.3.2 Densitas Biodiesel	43
4.1.3.3 Titik nyala Biodiesel	44
4.1.4 Analisis FTIR	44
4.1.4.1 Katalis Heterogen Cangkang Langkitang	44
4.1.4.2 Biodiesel	46
4.2 Hasil Pembahasan	48
4.2.1 Kualitas Biodiesel	48
4.2.2 Efisiensi Katalis	49
4.2.3 Standar Proses Produksi dan Karakteristik Biodiesel	50
BAB 5 PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
Lampiran 1. Hasil Penelitian	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
Lampiran 3. Sk Pembimbing	
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Biodiesel Berdasarkan SNI 7182 : 2015	6
Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah	7
Tabel 2.3 Sumber Jurnal Penggunaan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel	11
Tabel 3.1 Spesifikasi alat pemanas elektromagnetik	22
Tabel 3.2 Spesifikasi viscometer kapiler ubbelohde	27
Tabel 3.3 Spesifikasi digital density meter	28
Tabel 3.4 Spesifikasi flash point tester	29
Tabel 3.5 Spesifikasi fourier transform infrared spectroscopy	30
Tabel 3.6 Variasi Penggunaan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel	38
Tabel 4.1 Hasil Produksi Biodiesel	41
Tabel 4.2 Data Fisiokimia Biodiesel	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Minyak Jelantah	7
Gambar 2.2	Reaksi Transesterifikasi	9
Gambar 2.3	Siput Langkitang	14
Gambar 3.1	Alat pemanas elektromagnetik	21
Gambar 3.2	Timbangan digital	23
Gambar 3.3	Gelas ukur	23
Gambar 3.4	Botol sampel	24
Gambar 3.5	Pipet tetes	24
Gambar 3.6	Corong Pisah	25
Gambar 3.7	Beaker gelas	25
Gambar 3.8	Pengaduk	26
Gambar 3.9	Viscometer kapiler ubbelohde	26
Gambar 3.10	Digital density meter	27
Gambar 3.11	Flash point tester	28
Gambar 3.12	Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)	29
Gambar 3.13	Minyak Jelantah	30
Gambar 3.14	Metanol	31
Gambar 3.15	Katalis asam (H_2SO_4)	31
Gambar 3.16	Katalis heterogen (kalsium oksida dari cangkang langkitang)	32
Gambar 3.17	Aquades	32
Gambar 3.18	Diagram alir penelitian	33
Gambar 3.19	Prosedur penelitian	34
Gambar 4.1	Grafik FTIR Katalis heterogen cangkang langkitang	45
Gambar 4.2	Grafik FTIR biodiesel	46

DAFTAR NOTASI

V	= Volume
N	= Normalitas
M	= Berat
m	= Massa
ρ	= Massa Jenis

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi global, termasuk di Indonesia, terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, berkembangnya sektor industri, serta kemajuan di bidang transportasi. Hingga saat ini, sumber energi utama masih bergantung pada bahan bakar fosil, khususnya minyak bumi. Namun, karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui, cadangan minyak bumi semakin menipis. Hal ini memunculkan permasalahan besar berupa potensi krisis energi yang ditandai dengan ketidakseimbangan antara tingginya konsumsi dan terbatasnya cadangan minyak yang tersedia. Di Indonesia sendiri, solar menjadi salah satu produk turunan minyak bumi yang paling dominan pemakaiannya. Tingginya kebutuhan terhadap solar, membuat Indonesia harus melakukan impor dalam jumlah besar. Kondisi tersebut pada akhirnya melemahkan ketahanan energi nasional dan menimbulkan kerentanan dalam penyediaan energi jangka panjang. Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, diperlukan pemanfaatan energi alternatif yang lebih berkelanjutan, ramah lingkungan, dan dapat diperbarui. Salah satu pilihan yang banyak dikembangkan adalah biodiesel. Biodiesel sendiri merupakan bahan bakar pengganti solar yang dihasilkan dari minyak nabati maupun lemak hewani melalui proses kimia tertentu. Bahan bakar ini memiliki beberapa keunggulan, seperti lebih ramah lingkungan, tidak bersifat toksik, mudah terurai secara alami, serta menghasilkan emisi yang lebih bersih dibandingkan dengan solar berbasis fosil.

Salah satu bahan baku yang berpotensi besar untuk dijadikan sumber biodiesel adalah minyak jelantah. Minyak ini berasal dari minyak goreng bekas yang telah digunakan berulang kali, sehingga kualitasnya menurun akibat meningkatnya kadar asam lemak bebas (FFA), terjadinya oksidasi, polimerisasi, serta perubahan warna menjadi lebih gelap. Meskipun demikian, minyak jelantah masih mengandung trigliserida dalam jumlah cukup tinggi yang dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel memberikan dua manfaat sekaligus, yaitu mengurangi

dampak pencemaran lingkungan dari limbah minyak goreng bekas dan menghasilkan bahan bakar alternatif yang bernilai ekonomis.

Pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses transesterifikasi, yaitu reaksi antara trigliserida dalam minyak atau lemak dengan alkohol, biasanya metanol, dengan bantuan katalis sebagai pemercepat reaksi. Dari proses ini akan dihasilkan metil ester (biodiesel). Metanol dipilih karena bersifat polar, lebih reaktif, serta harganya lebih ekonomis dibandingkan dengan jenis alkohol lain seperti etanol. Keberhasilan proses transesterifikasi sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain perbandingan molar minyak dengan alkohol, suhu yang digunakan, lama reaksi, serta jenis katalis yang diterapkan. Dalam reaksi transesterifikasi, keberadaan katalis sangat penting untuk mempercepat laju reaksi dan rendemen / yield biodiesel. Katalis homogen, seperti NaOH atau KOH, memang sering digunakan, tetapi memiliki kelemahan, antara lain sulit dipisahkan dari produk, tidak dapat digunakan kembali, dan menghasilkan limbah cair. Sebagai solusi, kini banyak dikembangkan katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki keunggulan berupa tidak larut dalam metanol, mudah dipisahkan dari produk, dapat digunakan berulang kali, serta lebih ramah lingkungan. Salah satu jenis katalis heterogen yang banyak diteliti adalah kalsium oksida (CaO), karena memiliki sifat basa kuat yang sangat efektif dalam mempercepat reaksi transesterifikasi (Helwani et al., 2009).

Salah satu sumber CaO yang potensial adalah cangkang langkitang, yaitu limbah biomassa laut yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO_3). Melalui proses kalsinasi pada suhu tinggi (sekitar 800–1000 °C), CaCO_3 dapat diubah menjadi CaO yang aktif secara katalitik. Pemanfaatan cangkang langkitang sebagai bahan katalis tidak hanya menekan biaya produksi biodiesel, tetapi juga menjadi solusi pengolahan limbah biomassa laut. Keunggulan katalis CaO dari cangkang langkitang adalah ramah lingkungan, ekonomis, dapat digunakan kembali, serta memiliki aktivitas katalitik tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa katalis CaO dari cangkang langkitang mampu meningkatkan efisiensi konversi minyak jelantah menjadi biodiesel dengan laju reaksi dan rendemen yang optimal.

Selain proses produksinya, kualitas biodiesel yang dihasilkan juga menjadi aspek penting. Biodiesel perlu diuji melalui parameter karakteristik fisikokimia,

seperti densitas, viskositas, dan titik nyala (flash point). Parameter tersebut akan menentukan apakah biodiesel yang diproduksi sesuai dengan standar mutu SNI. Analisis karakteristik biodiesel diperlukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh katalis heterogen terhadap efisiensi, kualitas, dan karakteristik biodiesel dari minyak jelantah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang?
2. Apa pengaruh katalis heterogen dari cangkang langkitang terhadap efisiensi dan kualitas biodiesel yang di hasilkan?
3. Bagaimana karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Proses transesterifikasi minyak jelantah untuk menghasilkan biodiesel menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang.
2. Studi pengaruh katalis heterogen terhadap efisiensi reaksi dan karakteristik biodiesel.
3. Pengujian kualitas biodiesel berdasarkan parameter standar seperti viskositas, densitas, dan kandungan asam lemak bebas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan yield biodiesel yang optimum dari proses produksi minyak jelantah menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang.
2. Untuk mengetahui pengaruh katalis heterogen dari cangkang langkitang terhadap efisiensi dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.
3. Untuk Menghasilkan karakteristik biodiesel yang berkualitas dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang sesuai dengan standar biodiesel berdasarkan SNI 7182 : 2015.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai proses produksi biodiesel dari minyak jelantah.
2. Memberikan solusi pengolahan limbah minyak jelantah menjadi bahan bakar ramah lingkungan.
3. Mengembangkan pemahaman mengenai penggunaan katalis heterogen dalam proses transesterifikasi.
4. Memberikan referensi kepada industri kecil dan menengah tentang alternative katalis yang efektif dan efisien.

BAB 2.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang terdiri dari campuran mono-alkil ester dari asam lemak rantai panjang, yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel konvensional. Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi atau esterifikasi, yaitu reaksi antara minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol (seperti metanol) menggunakan katalis, menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk sampingan (Devita et al., 2015.).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil. Dengan keunggulan ini, biodiesel berpotensi menjadi pengganti solar di masa depan. Selain itu, biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan solar, di antaranya memiliki angka setana yang lebih tinggi (>57), yang meningkatkan efisiensi proses pembakaran. Biodiesel juga berasal dari sumber daya terbarukan, seperti hasil pertanian, sehingga ketersediaannya dapat terus diperbarui. Keunggulan lainnya adalah tidak menghasilkan emisi gas sulfur yang berbahaya bagi lingkungan, serta lebih aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung zat beracun. Pengembangan biodiesel juga berkontribusi pada peningkatan nilai produk pertanian di Indonesia dan dapat diproduksi dalam skala kecil hingga menengah, memungkinkan pengembangannya di wilayah pedesaan (Alfa Rizqi et al., 2017).

Kualitas biodiesel sebagai produk bahan bakar mesin diesel ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain bilangan setana, kekentalan kinematik, masa jenis, dan lain-lain. Standar biodiesel dalam metil ester yang telah dikembangkan di sejumlah negara untuk menjamin kualitasnya. Rumusan standar biodiesel Indonesia dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Biodiesel Berdasarkan SNI 7182:2015

Parameter	SNI 7182:2015
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	850 – 890
Viskositas kinematik pada 40°C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
Angka asam (mg-KOH/g)	0,5
Titik nyala (°C)	100
Titik kabut (°C)	18
Angka setana	51
Air dan sedimen (%)	0,05
Temperatur distilasi 90 % (°C)	360
Abu tersulfatkan	0,02
Belerang (mg/kg)	50
Fosfor	4
Gliserol bebas (%)	0,02
Gliserol total (%)	0,24

(SNI., 2015)

2.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan berulang kali sehingga mengalami perubahan sifat fisik maupun kimianya. Pada dasarnya, minyak goreng mengandung beragam asam lemak. Berdasarkan data Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia, rata-rata konsumsi minyak goreng nasional mencapai sekitar 5,2 juta ton setiap tahun. Dengan tingkat penyusutan sekitar 40–60%, jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan diperkirakan mencapai 2–3 juta ton per tahun. Apabila tidak dikelola secara tepat, limbah ini berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Sayangnya, isu pencemaran dari minyak jelantah masih kurang mendapatkan perhatian dibandingkan dengan persoalan sampah plastik, karena sering kali dianggap sepele oleh masyarakat. (Mahendra et al., 2023). Seperti yang dapat di lihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Minyak Jelantah

Minyak goreng bekas atau jelantah dari sektor industri pangan maupun rumah tangga tersedia dalam jumlah yang cukup melimpah di Indonesia. Namun, minyak ini tidak disarankan untuk digunakan kembali dalam memasak karena mengandung asam lemak bebas dan radikal yang berpotensi membahayakan kesehatan. Selama proses pemanasan berulang, beberapa trigliserida dalam minyak mengalami degradasi dan membentuk senyawa lain, salah satunya adalah asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*). Kandungan *FFA* ini dapat diubah menjadi biodiesel melalui proses esterifikasi menggunakan metanol. Sementara itu, trigliserida yang masih tersisa dikonversi menjadi biodiesel dan gliserol melalui proses transesterifikasi dengan metanol. Dengan adanya kedua proses ini, minyak jelantah yang semula merupakan limbah dapat diolah menjadi produk yang lebih bernilai tinggi (Arum Wulandari et al., 2023.). Komposisi asam lemak pada minyak jelantah dapat di lihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak bebas pada minyak jelantah

Asam lemak	Minyak
Lauric (12 : 0)	9,95
Myristic (14 : 0)	0,19
Palmitic (16 : 0)	8,9
Palmitoleic (16 : 0)	0,22
Searic (18 : 0)	3,85
Oleic (18 : 0)	30,71
Linoleic (18 : 2)	54,35

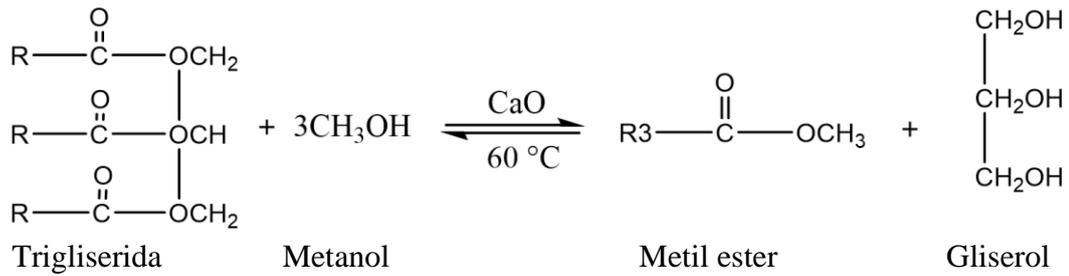
Linonelic (18 : 3)	0,27
Arachidic (20 : 0)	0,29
Gidoleic (20 : 1)	0,18
Bahenic (22 : 0)	0,61

Sumber (Oko, Kurniawan, & Nur Eka Putri, 2021)

2.3 Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan reaksi organik yang mengubah suatu ester menjadi ester lain melalui pertukaran gugus alkohol dengan gugus alkil dari alkohol berbeda. Tidak seperti hidrolisis yang melibatkan air sebagai pereaksi, transesterifikasi menggunakan alkohol, di mana metanol lebih sering dipilih karena harganya lebih ekonomis dibandingkan alkohol lain. Walaupun demikian, etanol juga dapat digunakan dengan hasil yang sebanding. Salah satu faktor penting dalam proses esterifikasi maupun transesterifikasi adalah jumlah metanol berlebih, yang berfungsi menyerap air yang terbentuk selama reaksi sehingga konversi asam lemak bebas menjadi metil ester tidak terhambat. Akan tetapi, kelebihan metanol dapat menimbulkan kompetisi reaksi, sehingga memengaruhi jalannya esterifikasi. Meski pemakaian alkohol berlebih dapat menekan kebutuhan katalis, konsekuensinya adalah kesulitan pemisahan antara metil ester dan gliserol, terutama jika menggunakan alkohol dengan rantai karbon panjang.

Proses pemisahan umumnya dilakukan dengan menambahkan air, yang berperan menarik gliserol dari fasa ester. Setelah reaksi transesterifikasi berakhir, biasanya terbentuk tiga lapisan, yaitu metil ester (biodiesel) pada lapisan atas, gliserol pada lapisan tengah, serta campuran sabun, gliserol, dan air pada lapisan bawah. Untuk memperoleh biodiesel murni, metil ester dipisahkan dari komponen lain menggunakan corong pisah. Pada penggunaan katalis basa, jumlah katalis harus dikontrol secara hati-hati. Jika konsentrasinya terlalu tinggi, maka dapat memicu reaksi saponifikasi (penyabunan) yang menghasilkan sabun dalam jumlah besar. Reaksi saponifikasi atau hidrolisis basa ini bersifat tidak dapat balik (*irreversible*), di mana ester terurai menjadi senyawa sabun dalam kondisi basa. Reaksi Transesterifikasi dapat di lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi

2.4 Katalis

Katalis adalah zat yang berperan sebagai perantara dalam suatu reaksi kimia tanpa mengalami perubahan permanen setelah reaksi berlangsung. Fungsinya adalah mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi yang diperlukan, sehingga reaksi dapat terjadi lebih cepat dan efisien. Pada katalisis heterogen, proses reaksi berlangsung di permukaan katalis, di mana molekul reaktan berinteraksi dengan situs aktif yang terdapat pada permukaan tersebut. Tahapan reaksi biasanya meliputi adsorpsi reaktan pada katalis, pembentukan senyawa antara (*intermediate complex*), lalu diakhiri dengan pelepasan produk. Katalis heterogen biasanya berbentuk padatan, misalnya logam atau zeolit, yang memiliki permukaan aktif dengan reaktivitas tertentu. Sebaliknya, katalisis homogen terjadi ketika katalis dan reaktan berada pada fase yang sama, umumnya dalam bentuk larutan. Pada sistem ini, interaksi berlangsung langsung di dalam medium, dan katalis homogen dapat berupa senyawa organik, kompleks logam, ataupun ion yang mampu membentuk kompleks reaktif dengan reaktan selama proses reaksi berlangsung. (Yolanda et al., 2023).

Beberapa faktor yang memengaruhi proses katalis antara lain:

1. Karakteristik fisik dan kimia dari katalis, termasuk ukuran partikel, luas permukaan, serta keaktifan situs katalitik
2. Konsentrasi serta sifat reaktan, seperti struktur molekul, tingkat kelarutan, dan sifat keasaman atau kebasaan
3. Kondisi lingkungan, meliputi suhu, tekanan, dan pH larutan, yang dapat memengaruhi kecepatan reaksi serta tingkat selektivitas katalis.

2.5 Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan suatu zat yang mampu meningkatkan kecepatan reaksi kimia tanpa mengalami perubahan permanen, serta berada pada fase yang berbeda dengan reaktan. Proses katalisis jenis ini terjadi di permukaan katalis, di mana molekul reaktan berinteraksi dengan situs aktif yang tersedia. Mekanismenya mencakup tahapan adsorpsi reaktan pada permukaan katalis, pembentukan senyawa antara (intermediat), hingga pelepasan produk akhir melalui proses desorpsi. Katalis heterogen umumnya berbentuk padatan, logam, maupun material berpori seperti zeolit yang memiliki permukaan aktif dan sifat reaktif tertentu (Yolanda et al., 2023). Keunggulan utama dari katalis heterogen meliputi kemudahan pemisahan dari produk reaksi, kemampuan untuk digunakan kembali, dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan katalis homogen. Selain itu, katalis heterogen sering digunakan dalam produksi biodiesel karena dapat mengatasi masalah yang terkait dengan katalis homogen, seperti pembentukan sabun dan kesulitan pemisahan produk (Kurniasih et al., 2017).

Namun, penggunaan katalis heterogen juga memiliki tantangan, seperti penurunan aktivitas katalitik setelah beberapa siklus penggunaan. Untuk mengatasi hal ini, penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan dan memodifikasi katalis heterogen agar lebih efektif dan tahan lama. Misalnya, modifikasi dengan SrO telah menunjukkan peningkatan aktivitas katalitik dalam reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel (Simpem et al., 2021).

Penggunaan katalis heterogen dalam reaksi kimia memiliki berbagai keuntungan yang signifikan, antara lain:

1. Kemudahan Pemisahan dan Daur Ulang

Katalis heterogen berada dalam fase berbeda dengan reaktan dan produk, sehingga dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi. Hal ini memungkinkan katalis untuk digunakan kembali dalam proses berikutnya, mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi proses (Usman et al., 2009).

2. Stabilitas dan Ketahanan

Katalis heterogen umumnya lebih stabil dan tahan terhadap kondisi reaksi ekstrem, seperti suhu dan tekanan tinggi. Stabilitas ini memungkinkan proses berlangsung lebih lama tanpa penurunan aktivitas katalitik yang signifikan (Usman et al., 2009).

3. Proses Pemurnian yang Lebih Sederhana

karena katalis heterogen dapat dipisahkan dengan mudah, proses pemurnian produk akhir menjadi lebih sederhana dan efisien. Hal ini mengurangi kebutuhan akan proses pemisahan yang rumit dan menghemat waktu serta biaya (Usman et al., 2009).

4. Ramah Lingkungan

kenggunaan katalis heterogen mengurangi risiko kontaminasi produk dengan sisa katalis, sehingga produk akhir lebih murni dan aman digunakan. Selain itu, kemampuan katalis untuk digunakan kembali mengurangi limbah industri, mendukung praktik ramah lingkungan (Usman et al., 2009).

Adapun beberapa pendapat dari berbagai jurnal yang sudah di kutip tentang penggunaan katalis pada pembuatan biodiesel dapat di lihat pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Sumber jurnal penggunaan katalis pada pembuatan biodiesel

No.	Katalis	Bahan	Metode	Tahun	Referensi
1.	CaO	Minyak	Pemanasan	2021	Latifah Azzahro
	Cangkang	kelapa sawit	Konvensional /		et al., 2021
	Kerang		Oven		
	Darah				
2.	CaO	Minyak	Pemanasan	2021	P Wiyata & W
	Cangkang	Jelantah	Konvensional /		Broto, 2021
	Telur Bebek		Hot Plate		
3.	CaO	Minyak	Pemanasan	2020	Limbah et al.,
	Cangkang	Jelantah	Konvensional /		2020
	Telur Ayam		Hot Plate		

4.	CaO Batu Kapur	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2022	Y. C. Sari et al., 2022
5.	CaO Cangkang Bekicot	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2022	Kurniawan et al., 2022
6.	CaO Cangkang Telur	Minyak Kedelai	Pemanasan Konvensional / Oven	2021	Oko, Kurniawan, Willain, et al., 2021
7.	CaO Cangkang Keong Mas	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2024	Melani & Maftukhah, 2024.
8.	CaO Cangkang Telur dan Sekam Padi	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2024	Syafitri et al., 2024
9.	Cangkang Kepiting	Campuran Minyak Jelantah Dengan Minyak Jarak Kaliki	elektromagnetik	2024	Azmi et al., 2024.
10.	Cangkang Tiram	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Oven	2017	Alfa Rizqi et al., 2017
11.	Na ₂ O/Fly ash	Minyak Jelantah	Microwave	2019	2017
12.	Abu Gosok	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Oven	2019	Harinda et al., 2019

13.	Cangkang kerang darah	Minyak kelapa sawit	Pemanasan Konvensional / Hot plate	2014	R. Sari et al., 2021 Indah Mawarni et al., 2018
14.	Tulang Ayam	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot plate	2024	Kurnia Sari et al., 2024
15.	Cangkang Telur	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2022	Agusliana et al., 2021.
16.	Cangkang telur	Minyak Jelantah	Pemanasan Konvensional / Oven	2021	Oko, Kurniawan, & Nur Eka Putri, 2021
17.	Cangkang Telur	Minyak Sayur	Microwave	2022	Sisca & Rahayuningsih, 2022
18.	Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit	Minyak Kelapa Sawit	Pemanasan Konvensional	2023	Dwi Putri Ananda et al., 2020.
19.	Abu Kulit	Minyak Nyamplung	Pemanasan Konvensional / Hot Plate	2015	Zuhra et al., 2015
20.	Kerang CaO/HTC	Minyak Biji Kapuk	Microwave	2022	Mirzayanti et al., 2022

2.6 Siput Langkitang

Langkitang merupakan kelompok siput yang terdiri dari berbagai spesies, misalnya *Biorta sumatrensis* dan *Melanoides tuberculata*, yang biasanya mendiami perairan tawar seperti sungai, danau, maupun rawa. Di antara beragam jenis

tersebut, terdapat satu spesies yang istimewa karena hidup di perairan payau, yaitu *Faunus ater*. Siput ini adalah satu-satunya anggota keluarga *Pachychilidae* yang dapat bertahan hidup dan bereproduksi pada lingkungan dengan kadar salinitas lebih tinggi dibandingkan air tawar. *Faunus ater* sendiri termasuk ke dalam kelas Gastropoda dan dikenal sebagai siput atau keong penghuni ekosistem air tawar serta payau. Seperti yang dapat di lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siput Langkitang

Daging langkitang dikenal memiliki kandungan protein hewani yang tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber gizi. Ketersediaannya di alam pun cukup melimpah di sejumlah daerah, membuatnya mudah dijumpai dan sering diperdagangkan di berbagai tempat seperti pasar tradisional, kawasan wisata, maupun lokasi keramaian lainnya. Karena mudah diperoleh serta memiliki cita rasa khas, langkitang sering diolah menjadi beragam hidangan, mulai dari menu utama sehari-hari hingga makanan ringan yang digemari masyarakat setempat. Dengan demikian, keberadaan langkitang tidak hanya penting secara ekologis bagi ekosistem air tawar maupun payau, tetapi juga memiliki nilai ekonomi dan sosial budaya bagi komunitas lokal (Kurata Ayuni, 2023.).

Langkitang memiliki tubuh ramping, memanjang, dan ujung cangkangnya meruncing dengan warna hitam. Bentuk cangkangnya menyerupai kerucut dari tabung spiral berwarna hitam yang bertekstur keras karena tersusun atas kalsium karbonat. Pada bagian cangkang terdapat operkulum berbentuk lingkaran yang melekat pada otot kaki. Operkulum ini tipis, berwarna hitam, tersusun dari kitin,

dan cukup rapuh. Seperti kebanyakan siput, cangkang langkitang tebal karena mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) serta zat tanduk. Struktur cangkang terdiri atas tiga lapisan utama: lapisan nacre yang tipis, lapisan prismatic yang menyusun sekitar 90% cangkang dan kaya akan CaCO_3 , serta lapisan periostrakum yang terbuat dari zat tanduk (Kurata Ayuni, 2023.).

2.7 Metanol

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, adalah senyawa kimia dengan rumus CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana, berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas.

Sifat Fisik dan Kimia:

- Berat Molekul: 32,04 g/mol
- Titik Didih: $64,7^\circ\text{C}$
- Titik Beku: $-98,68^\circ\text{C}$
- Kelarutan: Sangat larut dalam air dan banyak pelarut organik

Metanol bersifat *higroskopis*, artinya dapat menyerap air dari udara sekitarnya. Selain itu, metanol adalah pelarut universal yang dapat melarutkan berbagai senyawa polar dan non-polar. Metanol secara tradisional diproduksi melalui destilasi destruktif kayu, namun saat ini sebagian besar metanol dihasilkan dari gas alam melalui proses reformasi uap metana. Proses ini melibatkan reaksi antara metana dan uap air pada suhu tinggi untuk menghasilkan gas sintesis (campuran hidrogen dan karbon monoksida), yang kemudian dikonversi menjadi metanol (Pratama Tegar Parderio et al., 2022).

Metanol memiliki peran penting dalam ekonomi global sebagai bahan baku yang banyak dibutuhkan di industri kimia. Beberapa aplikasi utama metanol meliputi:

- Bahan Baku Industri: Metanol digunakan dalam produksi formaldehida, asam asetat, dan metil tert-butyl eter (MTBE), yang merupakan komponen

penting dalam berbagai produk kimia dan plastik (Pratama Tegar Parderio., 2022).

- Bahan Bakar Alternatif: Metanol dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam dengan angka oktan 105. Penggunaan metanol sebagai bahan bakar langsung hanya bisa dilakukan pada mesin khusus atau dengan melakukan modifikasi pada mesin berbahan bakar bensin, karena metanol bersifat korosif (Putra et al., 2020.)
- Pelarut: Metanol digunakan sebagai pelarut dalam berbagai aplikasi laboratorium dan industri karena kemampuannya melarutkan berbagai senyawa (Pratama Tegar Parderio., 2022).

Metanol sangat toksik bagi manusia. Paparan metanol dapat menyebabkan efek kesehatan yang serius, termasuk kerusakan sistem saraf pusat, kebutaan, dan kematian. Keracunan metanol terjadi karena metabolitnya, seperti formaldehida dan asam format, yang menyebabkan asidosis metabolik dan kerusakan jaringan (Rizalina et al., 2018). Oleh karena itu, penanganan dan penggunaan metanol memerlukan kehati-hatian khusus, termasuk penggunaan alat pelindung diri dan prosedur keselamatan yang tepat untuk mencegah paparan yang berbahaya. Dengan berbagai aplikasi dan sifatnya, metanol merupakan senyawa yang penting dalam berbagai industri, namun penggunaannya harus selalu mempertimbangkan aspek keselamatan dan kesehatan.

2.8 Kalsinasi

Kalsinasi berasal dari bahasa Latin yaitu *calcinare* yang artinya membakar kapur. Proses kalsinasi yang paling umum yaitu diaplikasikan untuk dekomposisi kalsium karbonat (batu kapur, CaCO_3) menjadi kalsium oksida (kapur bakar, CaO) dan gas karbon dioksida atau CO_2 . Produk dari kalsinasi biasanya disebut sebagai “*kalsin*,” yaitu mineral yang telah mengalami proses pemanasan. Proses Kalsinasi dilakukan dalam sebuah tungku atau reaktor yang disebut dengan kiln atau *calciners* dengan beragam desain, seperti tungku poros, rotary kiln, tungku perapian ganda, dan reaktor fluidized bed. Normalnya proses kalsinasi dilakukan di bawah temperatur leleh (*Melting point*) dari bahan produk. Untuk batu kapur, proses kalsinasi umumnya dilakukan pada temperatur antara 900 – 1000 OC.

Berikut beberapa contoh proses kalsinasi antara lain :

1. Dekomposisi mineral karbonat seperti pada kalsinasi kalsium karbonat (*Limestone*) menjadi kalsium oksida dan gas karbon dioksida.
2. Dekompisisi mineral hidrat seperti pada kalsinasi bauxsite yang bertujuan untuk membuang air Kristal.
3. Dekomposisi zat mudah menguap yang terkandung pada petroleum coke (Arita et al., 2014)

2.9 Kalsium Oksida (CaO)

Kalsium oksida (CaO) adalah senyawa anorganik yang sering digunakan sebagai katalis heterogen dalam berbagai reaksi kimia, termasuk produksi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Sebagai katalis basa kuat, CaO memiliki kemampuan untuk meningkatkan laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi tanpa menggeser posisi kesetimbangan reaksi (Agusliana et al., 2021.). Reaksi yang terjadi adalah:



Keunggulan CaO sebagai katalis adalah sebagai berikut :

- Kekuatan basa tinggi: CaO memiliki kekuatan basa yang tinggi, memungkinkan reaksi transesterifikasi berlangsung lebih cepat dan efisien (Pratigto et al., 2019).
- Katalis heterogen: Sebagai katalis heterogen, CaO dapat dipisahkan dengan mudah dari produk reaksi, memfasilitasi proses pemurnian dan memungkinkan penggunaan kembali katalis (Gunawan Prasetyo et al., 2021).
- Ramah Lingkungan: CaO bersifat ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah berbahaya selama proses reaksi (Pratigto et al., 2019).

CaO dapat diperoleh dari berbagai sumber, termasuk batu kapur, kalsium hidroksida, dan cangkang telur ayam. Misalnya, cangkang telur ayam yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO_3) dapat dikalsinasi pada suhu tinggi untuk

menghasilkan CaO (Oko & Feri, 2019). Dalam produksi biodiesel, CaO digunakan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan metanol atau etanol untuk menghasilkan metil ester atau etil ester (biodiesel) dan gliserol. Penggunaan CaO sebagai katalis heterogen menawarkan keuntungan seperti pemisahan mudah dari produk reaksi dan potensi penggunaan kembali katalis, yang dapat mengurangi biaya produksi biodiesel (Ridha Fauzi & Triasih, 2015). Secara keseluruhan, CaO merupakan katalis heterogen yang efektif dan ramah lingkungan untuk berbagai reaksi kimia, termasuk produksi biodiesel, berkat sifat basa kuatnya dan kemudahan pemisahan dari produk reaksi.

2.10 Yield

Yield adalah parameter penting yang menunjukkan efisiensi konversi minyak atau lemak menjadi biodiesel. Yield biasanya dinyatakan dalam persentase (%) dan dihitung dengan membandingkan massa biodiesel yang dihasilkan dengan massa bahan baku yang digunakan. Yield yang tinggi menunjukkan efisiensi proses yang baik, yang berarti lebih banyak biodiesel yang dihasilkan dari jumlah bahan baku tertentu. Sebaliknya, yield yang rendah dapat mengindikasikan bahwa kondisi proses belum optimal atau ada faktor-faktor yang menghambat reaksi transesterifikasi. Berbagai faktor mempengaruhi yield dalam produksi biodiesel, termasuk jenis dan kualitas bahan baku, jenis katalis, rasio molar minyak terhadap alkohol, suhu dan waktu reaksi, serta metode pemisahan dan pemurnian produk (Indah Mawarni et al, 2018).

Rumus umum yang di gunakan untuk menghitung yield adalah :

$$\text{Yield (\%)} = \left(\frac{\text{Massa Biodiesel yang di hasilkan}}{\text{Massa bahan baku}} \right) \times 100 \% \quad (2.2)$$

Atau,

$$\text{Yield (\%)} = \left(\frac{\text{Volume biodiesel yang dihasilkan}}{\text{Volume bahan baku}} \right) \times 100 \% \quad (2.3)$$

Perhitungan yield ini membantu dalam menilai efisiensi proses produksi biodiesel dan mengidentifikasi area yang memerlukan optimalisasi lebih lanjut.

2.11 Densitas

Densitas biodiesel adalah massa per unit volume yang mempengaruhi energi per volume, atomisasi bahan bakar, dan performa mesin. Nilai densitas biodiesel biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan solar fosil, yang berkisar antara 0,85 hingga 0,89 g/mL pada suhu 15 °C, sesuai dengan standar SNI 7182:2015. Penelitian oleh Wahyudi et al. (2023) menunjukkan bahwa biodiesel dari campuran minyak jatropha dan jelantah memiliki densitas yang bervariasi tergantung pada komposisi campuran dan level biodiesel (B5 hingga B40). Semakin tinggi proporsi biodiesel dalam campuran, semakin tinggi pula nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan densitas antara biodiesel jatropha yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel jelantah. Densitas yang lebih tinggi dapat meningkatkan energi per volume, namun juga dapat mempengaruhi atomisasi dan pembakaran bahan bakar. Oleh karena itu, pengujian densitas sangat penting untuk memastikan kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar dan dapat digunakan secara efektif dalam mesin diesel.

2.12 Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan fluida yang mempengaruhi aliran bahan bakar dalam sistem injeksi dan proses atomisasi. Biodiesel cenderung memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan dengan solar fosil, sehingga pengujian viskositas menjadi penting untuk menilai kinerjanya. Berdasarkan SNI 7182:2015, viskositas kinematik biodiesel berada pada kisaran 2,3 hingga 6,0 cSt pada suhu 40 °C.

Penelitian oleh Wahyudi et al. (2023) menunjukkan bahwa biodiesel dari campuran minyak jatropha dan jelantah memiliki viskositas yang bervariasi tergantung pada komposisi campuran dan level biodiesel. Semakin tinggi proporsi biodiesel dalam campuran, semakin tinggi pula nilai viskositas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan viskositas antara biodiesel jatropha yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel jelantah. Viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan masalah dalam sistem injeksi, seperti penyumbatan filter dan nozzle, serta meningkatkan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, pengujian viskositas sangat penting untuk memastikan kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar dan dapat digunakan secara efektif dalam mesin diesel.

2.13 Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala adalah suhu minimum pada saat uap bahan bakar mulai terbakar seketika ketika terkena sumber api. Parameter ini penting karena berhubungan langsung dengan keamanan dalam penyimpanan dan transportasi biodiesel. Biodiesel umumnya memiliki titik nyala yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar fosil, sehingga lebih aman digunakan.

SNI 7182:2015 mensyaratkan titik nyala biodiesel minimal 100 °C. Penelitian oleh Setiawati (2012) menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah memiliki titik nyala yang bervariasi tergantung pada proses produksi dan kualitas bahan baku. Semakin baik proses produksi dan kualitas bahan baku, semakin tinggi pula titik nyala yang dihasilkan, sehingga meningkatkan keamanan penggunaan biodiesel. Titik nyala yang lebih tinggi menunjukkan bahwa biodiesel memiliki volatilitas yang lebih rendah, sehingga lebih aman dalam penyimpanan dan transportasi. Oleh karena itu, pengujian titik nyala sangat penting untuk memastikan kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar dan dapat digunakan secara aman dalam mesin diesel.

2.14 Analisis FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam biodiesel dan memastikan konversi minyak menjadi metil ester (FAME). Spektrum FTIR yang khas untuk biodiesel adalah munculnya puncak kuat pada sekitar 1740 cm^{-1} yang menunjukkan peregangan gugus karbonil (C=O) dari ester, sebagai indikator keberhasilan reaksi transesterifikasi.

Penelitian oleh Nugraha dan Ramadhan (2020) menunjukkan bahwa biodiesel dari campuran minyak jelantah dan solar memiliki spektrum FTIR dengan puncak pada sekitar 1740 cm^{-1} , yang menunjukkan adanya gugus ester sebagai hasil dari reaksi transesterifikasi. Analisis FTIR juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa lain yang tidak diinginkan dalam biodiesel, seperti metanol sisa atau gliserol. Oleh karena itu, analisis FTIR sangat penting untuk memastikan bahwa proses produksi biodiesel telah berjalan dengan baik dan menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *experiment*, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Percobaan yang dilakukan berupa penggunaan katalis heterogen pada proses produksi biodiesel.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

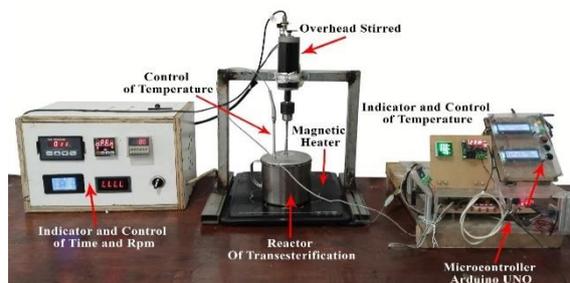
3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Dalam penelitian ini di gunakan alat sebagai berikut :

a) Alat Pemanas Elektromagnetik

Pemanas elektromagnetik berfungsi sebagai alat pemanas sekaligus pengaduk larutan dengan memanfaatkan medan elektromagnetik. Keberadaannya sangat penting dalam penelitian ini karena dapat mempertahankan kestabilan suhu reaksi serta memastikan campuran bahan tetap homogen, sehingga jalannya reaksi menjadi lebih optimal. Dapat dilihat pada gambar 3.1 dan spesifikasi alat pada tabel 3.1.



Gambar 3.1 Alat pemanas elektromagnetik

Tabel 3.1 Spesifikasi alat pemanas elektromagnetik

No.	Komponen Alat	Spesifikasi
1.	Reaktor Transesterifikasi	Bahan stainless steel / gelas tahan panas, kapasitas 400 mL
2.	Magnetic Heater	Pemanas elektromagnetik, suhu hingga 350 °C
3.	Magnetic Stirrer	Kecepatan: 0–2000 rpm
4.	Overhead Stirrer	Kecepatan hingga 3000 rpm
5.	Control of Temperature	Sensor suhu digital, range 0–400 °C
6.	Control Time & RPM	Digital kontrol, waktu 0–999 menit, RPM 0–3000
7.	Display Suhu	Tampilan digital
8.	Arduino UNO	Mikrokontroler ATmega328P

b) Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk mengukur massa baik bahan utama maupun bahan tambahan yang diperlukan dalam pembuatan biodiesel. Timbangan digital ini memiliki kapasitas maksimal 2 kg dengan kemampuan pengukuran presisi hingga dua angka di belakang koma (0,01 g). Timbangan ini juga dilengkapi dengan beberapa pilihan satuan pengukuran yaitu gram (g), ounce (oz), troy ounce (ozt), dan pennyweight (dwt), sehingga memudahkan dalam menyesuaikan kebutuhan penimbangan berbagai jenis bahan. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Timbangan digital

c) Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk menentukan volume berbagai bahan cair, seperti minyak jelantah, metanol, maupun cairan lain yang digunakan dalam pembuatan biodiesel. Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan ukuran kapasitas 15 mL, 25 mL, dan 100 mL. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gelas ukur

d) Botol sampel

Botol sampel berfungsi sebagai wadah untuk menyimpan sampel uji sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Botol sampel yang digunakan pada penelitian ini berbahan plastik dengan kapasitas 300 mL. Dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Botol sampel

e) Pipet tetes

Pipet tetes digunakan untuk menambahkan bahan cair dalam jumlah kecil, seperti katalis, indikator, atau zat tambahan lain yang membutuhkan ketelitian. Dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pipet tetes

f) Corong pisah

Corong pisah digunakan untuk memisahkan fase minyak dari fase gliserol setelah reaksi transesterifikasi selesai. Corong pisah yang digunakan adalah dengan kapasitas 500 mL. Dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Corong Pisah

g) Beaker gelas

Beaker gelas berfungsi sebagai wadah sementara dalam berbagai tahapan, seperti menimbang, mencampur awal bahan, memindahkan cairan, dan pendinginan sebelum pemisahan. Beaker gelas yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 100 mL, 250 mL, dan 500 mL. Dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Beaker gelas

h) Pengaduk

Pengaduk (stirring rod) adalah batang dari kaca atau plastik yang digunakan untuk pencampuran manual larutan. Dalam penelitian ini, pengaduk dipakai saat mencampur bahan awal sebelum reaksi dan saat

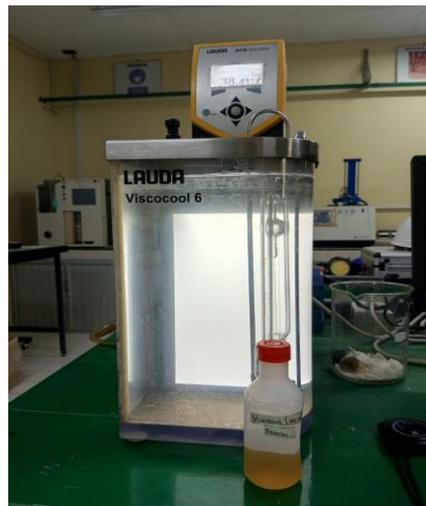
melarutkan katalis sebelum reaksi berlangsung di reaktor. Dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pengaduk

i) Viscometer Kapiler Ubbelohde (ASTM D445)

Alat ini digunakan untuk mengukur viskositas kinematik biodiesel pada suhu 40 °C. Prinsip kerja viskometer adalah dengan mengukur waktu yang diperlukan cairan untuk mengalir melalui kapiler dengan volume tertentu pada suhu terkontrol. Nilai viskositas sangat penting karena memengaruhi performa pembakaran pada mesin. Dapat dilihat pada gambar 3.9 dan spesifikasi alat pada tabel 3.2.



Gambar 3.9 Viscometer Kapiler Ubbelohde

Tabel 3.2 Spesifikasi Viscometer Kapiler Ubbelohde

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Alat	Viskometer Kapiler / Digital (ASTM D445)
2.	Rentang Pengukuran	0,3 – 10.000 mm ² /s (cSt)
3.	Suhu Operasi	20 – 100 °C (dengan bath pengendali suhu)
4.	Akurasi	± 0,01 mm ² /s
5.	Sumber Daya	Listrik 220 V / 50 Hz
6.	Standar Pengujian	ASTM D445
7.	Kegunaan	Menentukan viskositas kinematik biodiesel

j) Digital Density Meter (ASTM D4052)

Prinsip kerja alat ini adalah mengukur densitas cairan melalui frekuensi osilasi dari tabung kapiler berbentuk huruf U yang berisi sampel. Frekuensi osilasi akan berubah sesuai dengan massa jenis cairan, kemudian dikonversi menjadi nilai densitas secara otomatis oleh sistem digital. Metode ini lebih akurat dibandingkan metode manual (hidrometer) karena dapat mendeteksi perubahan densitas dalam skala sangat kecil, serta memiliki kemampuan kompensasi suhu otomatis. Nilai densitas biodiesel penting untuk menentukan kualitas bahan bakar, karena berkaitan dengan nilai kalor dan performa pembakaran. Dapat dilihat pada gambar 3.10 dan spesifikasi alat pada tabel 3.3.



Gambar 3.10 Digital Density Meter

Tabel 3.3 Spesifikasi digital density meter

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Alat	Digital Density Meter (U-Tube Oscillator)
2.	Metode Standar	ASTM D4052
3.	Prinsip Kerja	Osilasi tabung kapiler berbentuk U
4.	Rentang Pengukuran	0,0000 – 3,0000 g/cm ³
5.	Resolusi	0,00001 g/cm ³
6.	Akurasi	± 0,0001 g/cm ³
7.	Rentang Suhu Operasi	0 – 90 °C
8.	Volume Sampel	± 1 mL
9.	Tampilan	Digital display (LCD/LED)
10.	Sumber Daya	Listrik 220 V / 50 Hz
11.	Kegunaan	Menentukan densitas cairan seperti biodiesel, minyak jelantah, dan bahan bakar lainnya

k) Flash Point Tester (ASTM D93)

Titik nyala adalah suhu terendah di mana uap dari bahan bakar dapat menyala sesaat bila diberi percikan api. Alat uji ini digunakan untuk mengukur titik nyala biodiesel secara otomatis dengan metode Pensky-Martens Closed Cup sesuai standar ASTM D93. Nilai titik nyala penting untuk aspek keselamatan penyimpanan dan transportasi biodiesel. Dapat dilihat pada gambar 3.11 dan spesifikasi alat pada tabel 3.4.



Gambar 3.11 Flash Point Tester

Tabel 3.4 Spesifikasi Flash Point Tester

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Alat	Flash Point Tester (Pensky-Martens Closed Cup)
2.	Metode Standar	ASTM D93
3.	Rentang Pengukuran	40 – 400 °C
4.	Akurasi	± 1 °C
5.	Pemanasan	Pemanas listrik dengan pengendali otomatis
6.	Tampilan	Digital display
7.	Kegunaan	Menentukan titik nyala biodiesel

1) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Alat FTIR digunakan untuk menganalisis struktur senyawa dalam biodiesel berdasarkan serapan radiasi inframerah. Setiap gugus fungsi dalam molekul menyerap energi pada panjang gelombang tertentu sehingga menghasilkan spektrum khas. FTIR digunakan untuk mengidentifikasi terbentuknya gugus ester (C=O, C–O) yang menunjukkan keberhasilan reaksi transesterifikasi dari minyak jelantah menjadi biodiesel. Dapat dilihat pada gambar 3.12 dan spesifikasi alat pada tabel 3.5.



Gambar 3.12 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Tabel 3.5 Spesifikasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Alat	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
2.	Rentang Spektrum	4000 – 400 cm^{-1}
3.	Resolusi Spektral	0,5 – 4 cm^{-1}
4.	Detektor	DTGS (Deuterated Triglycine Sulfate) atau MCT
5.	Sumber Radiasi	IR Globar Source
6.	Mode Analisis	Transmisi dan ATR (Attenuated Total Reflectance)
7.	Kegunaan	Identifikasi gugus fungsi dalam biodiesel (C=O, C–O)

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a) Minyak jelantah

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah dipakai berulang kali untuk menggoreng. Minyak ini dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam produksi biodiesel melalui tahapan esterifikasi dan transesterifikasi. Dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Minyak Jelantah

b) Metanol

Metanol adalah salah satu jenis alkohol yang sering digunakan dalam produksi biodiesel, terutama pada reaksi transesterifikasi dan esterifikasi. Metanol berperan sebagai reaktan alkohol yang bereaksi dengan trigliserida atau asam lemak bebas untuk menghasilkan metil ester (biodiesel) serta gliserol sebagai produk samping. Dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Metanol

c) Katalis asam (H_2SO_4)

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan katalis asam kuat yang sering digunakan dalam reaksi esterifikasi pada pembuatan biodiesel. H_2SO_4 berfungsi menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam minyak jelantah, sehingga mencegah terjadinya saponifikasi selama tahap transesterifikasi. Dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Katalis asam (H_2SO_4)

d) Katalis heterogen (kalsium oksida dari cangkang langkitang)

Cangkang langkitang, sejenis kerang air laut, merupakan sumber alami kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat diubah menjadi kalsium oksida (CaO) melalui proses kalsinasi. CaO yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah.. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Katalis heterogen (kalsium oksida dari cangkang langkitang)

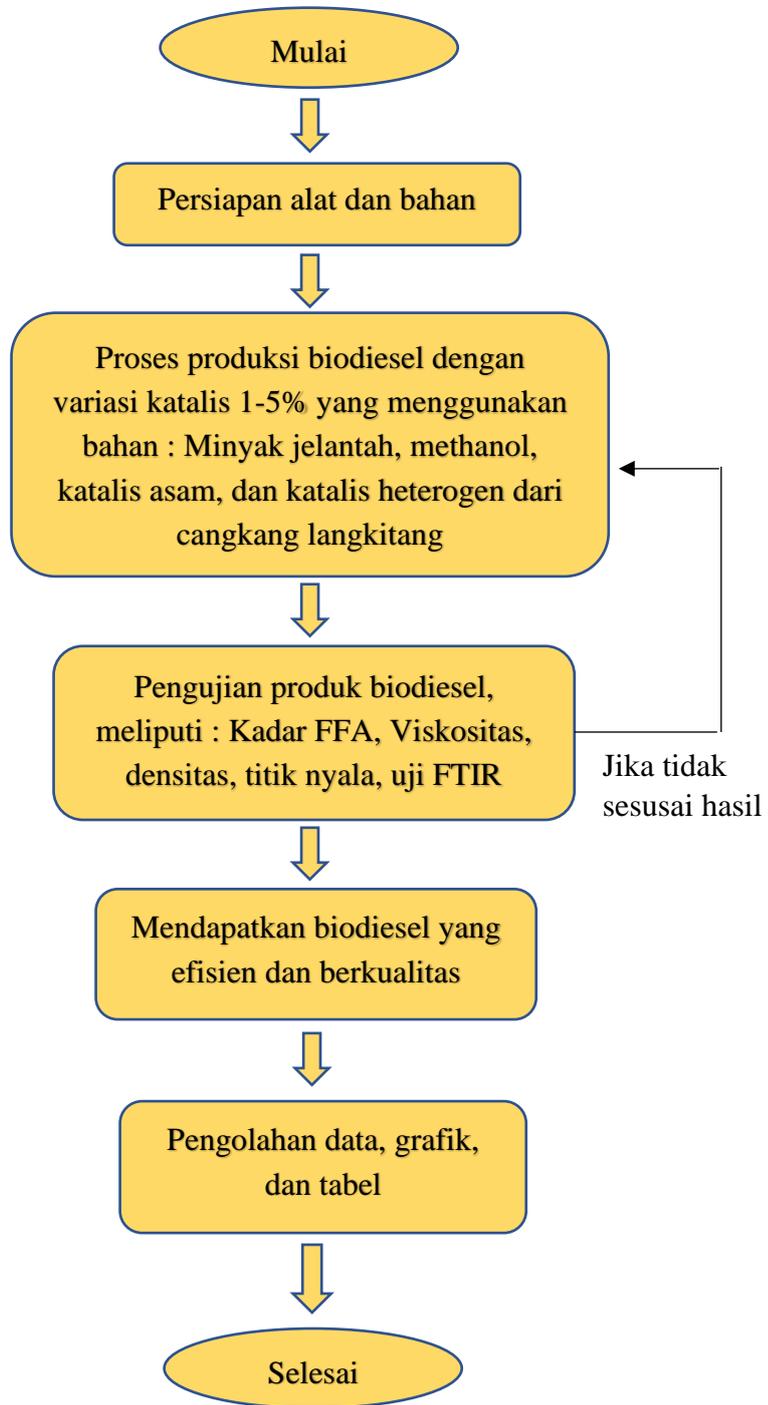
e) Aquades

Aquades adalah air yang telah didestilasi untuk menghilangkan ion mineral, logam, dan zat pengotor lainnya sehingga bersifat murni. Air ini digunakan dalam tahap pencucian biodiesel untuk menghilangkan sisa katalis, metanol, gliserol, dan kotoran lain yang mungkin masih ada setelah reaksi. Dapat dilihat pada gambar 3.17.



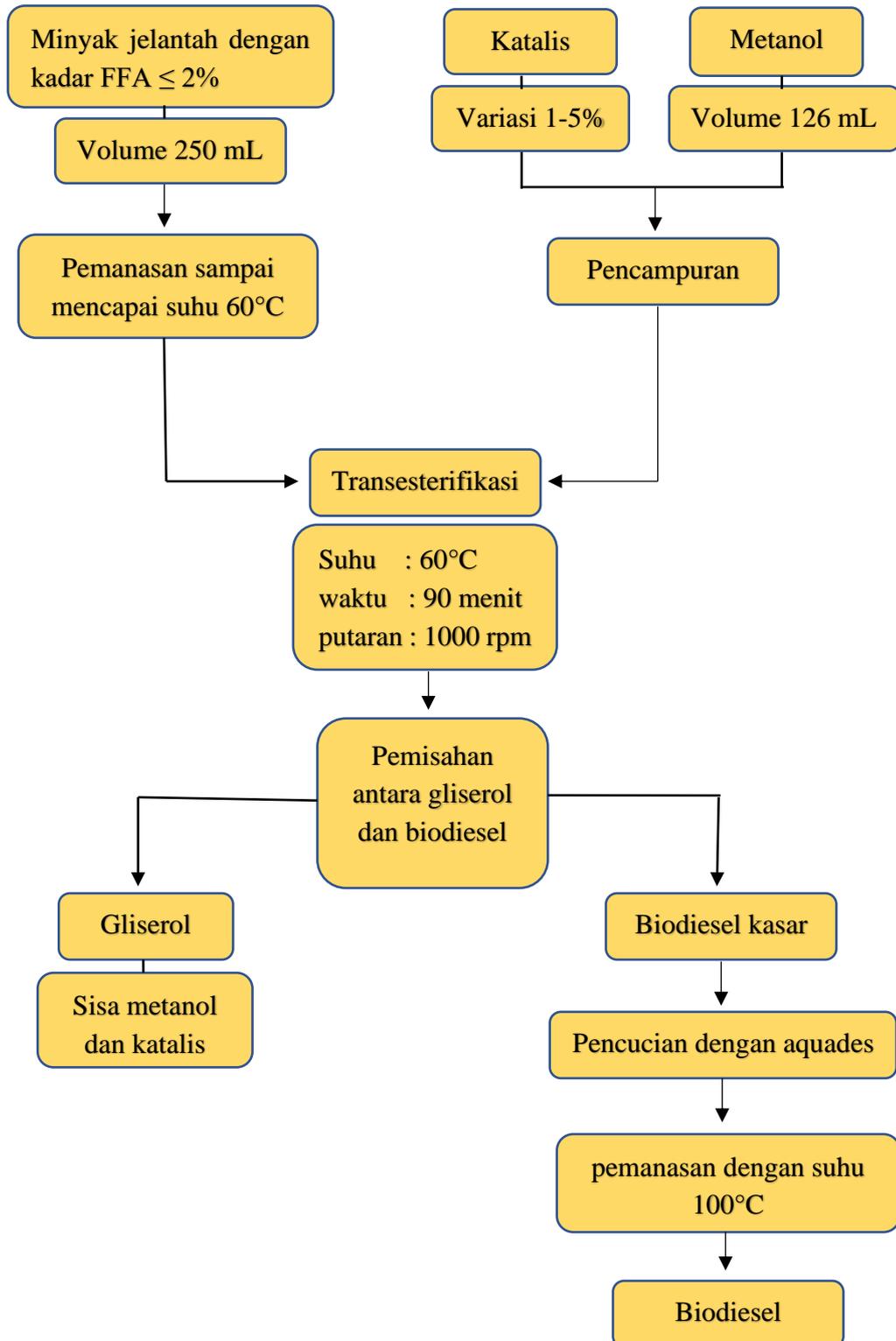
Gambar 3.17 Aquades

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.18 Diagram alir penelitian

3.5 Prosedur Penelitian



Gambar 3.19 Prosedur penelitian

3.5.1 Preparasi Katalis

Kalsium oksida (CaO) merupakan katalis heterogen yang banyak digunakan dalam reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel. CaO dapat diperoleh dari berbagai bahan alami yang mengandung kalsium karbonat (CaCO₃), seperti cangkang telur, kerang, tulang hewan, batu kapur, dan sumber lainnya. Proses pembuatannya dilakukan melalui kalsinasi, yaitu pemanasan pada suhu tinggi untuk mengubah CaCO₃ menjadi CaO sambil melepaskan gas karbon dioksida (CO₂).



Proses pembuatan katalis CaO diawali dengan pengumpulan bahan kaya kalsium karbonat, seperti cangkang telur atau kerang, yang kemudian dicuci dengan air mengalir untuk membersihkan kotoran dan kontaminan organik. Cangkang yang sudah bersih dikeringkan di oven pada suhu 100–110°C selama 2 jam untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya, bahan kering dimasukkan ke dalam crucible dan dipanaskan dalam furnace pada suhu 900°C selama 2 jam, sehingga CaCO₃ mengalami dekomposisi menjadi CaO dengan pelepasan gas CO₂. Setelah proses pemanasan, sampel didinginkan perlahan di dalam desikator untuk mencegah reaksi dengan uap air di udara. Katalis CaO yang terbentuk kemudian ditumbuk menggunakan mortar dan alu hingga menjadi serbuk halus, lalu disaring dengan mesh 100 untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Serbuk CaO yang siap pakai disimpan dalam wadah tertutup agar tidak bereaksi dengan kelembaban udara yang dapat mengubahnya menjadi Ca(OH)₂.

3.5.2 Penentuan Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) Minyak Jelantah

Mengetahui kadar asam lemak bebas (ALB) dalam minyak jelantah sangat penting karena kandungan ALB yang tinggi dapat mengganggu proses transesterifikasi dalam produksi biodiesel, terutama saat menggunakan katalis basa seperti CaO. Jika kadar ALB melebihi 2%, hal ini dapat menimbulkan sabun yang menghambat konversi minyak menjadi biodiesel. Oleh karena itu, penentuan ALB perlu dilakukan sebelum proses transesterifikasi dimulai. Salah satu metode yang umum digunakan adalah titrasi asam-basa, di mana asam lemak bebas dalam minyak direaksikan dengan larutan KOH 0,1 N yang dilarutkan dalam alkohol,

hingga mencapai titik ekuivalen yang ditunjukkan oleh perubahan warna indikator fenolftalein (PP).

Sebanyak 5 gram minyak jelantah ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 15 mL isopropil alkohol yang dipanaskan pada suhu 50–60°C. Campuran dikocok hingga homogen, lalu ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Larutan selanjutnya dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna dari jernih menjadi merah muda yang bertahan selama 30 detik. Volume KOH yang digunakan dicatat untuk menghitung kadar asam lemak bebas (ALB) dalam sampel.

Kadar asam lemak bebas (ALB) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$ALB (\%) = \frac{V \times N \times M}{W} \quad (3.2)$$

Dimana :

V = Volume KOH yang digunakan (ml)

N = Normalitas KOH (N)

M = Berat molekul asam lemak (g / mol)

W = Berat sampel minyak (g)

Jika kadar ALB lebih dari 2%, maka minyak perlu menjalani proses esterifikasi terlebih dahulu sebelum transesterifikasi menggunakan katalis CaO.

3.5.3 Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan sebagai langkah pertama jika minyak jelantah mengandung Asam Lemak Bebas (ALB) lebih dari 2%, karena kadar ALB yang tinggi dapat mengakibatkan pembentukan sabun selama proses transesterifikasi dengan katalis basa (CaO). Proses ini memanfaatkan katalis asam (seperti H₂SO₄) untuk mengubah asam lemak bebas (FFA) menjadi metil ester melalui reaksi dengan metanol.

Reaksi kimia esterifikasi :



Prosedur esterifikasi dimulai dengan memanaskan minyak jelantah hingga mencapai suhu 60°C untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya, metanol dan katalis asam (H₂SO₄, sebanyak 1-2% dari berat minyak) ditambahkan ke dalam minyak dengan rasio metanol:minyak 12:1 (mol/mol). Campuran tersebut diaduk dengan magnetic stirrer pada kecepatan 600 rpm selama 1 jam pada suhu 60°C. Setelah reaksi selesai, campuran dibiarkan agar fase air terpisah. Minyak yang telah esterifikasi selanjutnya diproses lebih lanjut dalam tahap transesterifikasi.

3.5.4 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap utama dalam pembuatan biodiesel, di mana trigliserida dalam minyak bereaksi dengan metanol menggunakan katalis heterogen CaO untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol sebagai produk samping.

Reaksi Kimia transesterifikasi :



Proses transesterifikasi dimulai dengan memanaskan minyak esterifikasi hingga suhu 60°C. Kemudian, metanol dan katalis CaO ditambahkan dengan rasio metanol:minyak 12:1 (mol/mol) dan jumlah katalis CaO 1-5% dari berat minyak. Campuran tersebut diaduk pada kecepatan 1000 rpm selama 90 menit pada suhu 60°C. Setelah reaksi selesai, campuran dibiarkan untuk memisahkan biodiesel (fase atas) dan gliserol (fase bawah). Biodiesel yang terbentuk kemudian dipisahkan dan melalui proses pemurnian, yang meliputi pencucian dengan aquades yang sudah dipanaskan pada suhu 50°C untuk menghilangkan sisa katalis dan metanol, Kemudian pengeringan dengan pemanasan pada suhu 110°C untuk menghilangkan air, serta filtrasi untuk menghilangkan partikel katalis yang tertinggal. Variasi penggunaan katalis pada produksi biodiesel dapat di lihat pada tabel 3.6 :

Tabel 3.6 Variasi penggunaan katalis pada produksi biodiesel

No.	Konsentrasi Katalis CaO (%)	Waktu Reaksi (menit)	Suhu Reaksi (°C)	Rasio Mol Metanol : Minyak	Kecepatan Pengadukan (rpm)
1.	1 %	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm
2.	2%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm
3.	3%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm
4.	4%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm
5.	5%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm

3.6 Analisis Parameter Uji Biodiesel

3.6.1 Penentuan Yield Biodiesel

Yield adalah perbandingan antara banyaknya biodiesel yang diperoleh dengan jumlah minyak jelantah yang digunakan. Yield tersebut dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Berat biodiesel}}{\text{Berat minyak}} \times 100 \% \quad (3.5)$$

3.6.2 Analisis Densitas

Uji densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer yang telah bersih dan kering. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat hasilnya. Biodiesel dipanaskan hingga suhu 400C. Piknometer kosong diisi dengan biodiesel kemudian ditutup hingga meluap dan tidak ada gelembung udara. Setelah itu piknometer yang berisi biodiesel ditimbang dan dicatat hasilnya. Densitas dapat dihitung melalui persamaan berikut ini :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.6)$$

Dimana :

ρ = Densitas Biodiesel (g / ml)

m = Massa biodiesel (g)

V = Volume biodiesel

3.6.3 Analisis Viskositas

Pengukuran dilakukan terhadap biodiesel menggunakan viskometer NDJ-8. Hal ini dilakukan dengan memanaskan biodiesel hingga suhu 40°C, kemudian mencelupkan spindel ke dalam biodiesel kemudian dilihat nilai viskositasnya.

3.6.4 Analisis Flash Point (Titik Nyala)

Metode yang digunakan adalah pensky-martens closed cup sesuai standar ASTM D93. Sampel biodiesel dimasukkan ke dalam wadah tertutup, kemudian dipanaskan secara bertahap dengan pengadukan, sambil secara berkala diberikan percikan api kecil. Suhu ketika uap biodiesel menyala sesaat dicatat sebagai nilai titik nyala. Analisis uji flash point (titik nyala) dilakukan pengujian di laboratorium pengujian jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

3.6.5 Analisis Spektrum FTIR Biodiesel

Proses pengujian dilakukan dengan memasukkan sampel biodiesel yang telah dimurnikan ke dalam instrumen FTIR. Alat kemudian memancarkan sinar inframerah ke sampel dan merekam spektrum serapan pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} . Setiap gugus fungsi dalam senyawa akan menyerap radiasi pada bilangan gelombang tertentu sehingga menghasilkan puncak serapan (peak) yang khas. Analisis spektrum FTIR biodiesel dilakukan pengujian di laboratorium pengujian jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah dari limbah kafe, yang diproses melalui transesterifikasi pada suhu 50–60°C selama 90 menit. Minyak tersebut dicampur dengan metanol dengan rasio molar 1:12, dan katalis heterogen CaO dari Langkitang dengan variasi komposisi 1%–5% dari volume minyak. Biodiesel yang diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan pengukuran viskositas, densitas, dan titik nyala. Hasil karakterisasi dibandingkan dengan standar biodiesel (SNI 04-7182-2012) untuk menilai kualitas produk. Sebelum itu, struktur biodiesel dianalisis menggunakan FTIR untuk memastikan keberadaan metil ester sebagai indikator utama biodiesel.

4.1.1. Data Hasil Kadar FFA Minyak Jelantah

Pengukuran kadar FFA dilakukan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas dalam minyak jelantah sebelum dan sesudah proses esterifikasi. Kandungan FFA yang tinggi pada bahan baku dapat menimbulkan sabun (saponifikasi) selama transesterifikasi, sehingga menurunkan rendemen biodiesel. Oleh karena itu, penurunan FFA melalui esterifikasi menjadi tahap awal yang penting.

Diketahui :

$$V = 1,28 \text{ ml}$$

$$N = 0,1 \text{ N}$$

$$M = 28,2 \text{ g/ml}$$

$$W = 5 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{FFA (\%)} &= \frac{V \times N \times M}{W} \\ &= \frac{0,128 \times 0,1 \times 28,2}{5} \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

Hasil analisis menunjukkan kadar FFA awal sebesar 5,6%, yang setelah perlakuan esterifikasi dengan katalis asam sulfat (H₂SO₄) menurun menjadi 0,72%.

Penurunan ini membuktikan bahwa esterifikasi efektif menurunkan FFA di bawah 2%, sehingga minyak jelantah siap untuk tahap transesterifikasi.

4.1.2. Analisa Persentase Yield Biodiesel

Persentase yield biodiesel dihitung setelah sampel biodiesel berhasil diperoleh, dengan menggunakan persamaan (3.5). Dengan mengetahui persentase yield, dapat ditentukan seberapa efisien biodiesel yang di hasilkan dalam proses produksi. Data hasil produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi katalis heterogen dari cangkang langkitang dapat dilihat pada tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Hasil produksi biodiesel

No.	Konsentrasi Katalis CaO (%)	Waktu Reaksi (menit)	Suhu Reaksi (°C)	Rasio Mol Metanol : Minyak	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Hasil Biodiesel
1.	1 %	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm	162 mL
2.	2%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm	216 mL
3.	3%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm	187 mL
4.	4%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm	174 mL
5.	5%	90 menit	60 °C	12 : 1	1000 rpm	152 mL

Berdasarkan Tabel 4.1 Hasil produksi biodiesel dapat di tentukan yield biodiesel dengan perhitungan di bawah ini :

1. Konsentrasi katalis CaO 1%

$$\text{Yield (\%)} = \frac{162 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \times 100\% = 64,8\%$$

2. Konsentrasi katalis CaO 2%

$$\text{Yield (\%)} = \frac{216 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \times 100\% = 86,4\%$$

3. Konsentrasi katalis CaO 3%

$$\text{Yield (\%)} = \frac{187 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \times 100\% = 74,8\%$$

4. Konsentrasi katalis CaO 4%

$$\text{Yield (\%)} = \frac{174 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \times 100\% = 69,6\%$$

5. Konsentrasi katalis CaO 5%

$$\text{Yield (\%)} = \frac{152 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \times 100\% = 60,8\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan yield biodiesel di atas dapat diketahui bahwa yield biodiesel terbesar yang dihasilkan adalah pada pembuatan biodiesel dengan variasi katalis 2% yaitu sebesar 86,4%. Pada konsentrasi 1%, hasil biodiesel relatif rendah karena jumlah katalis belum cukup untuk mengoptimalkan proses transesterifikasi. Peningkatan konsentrasi katalis dari 1% ke 2% menghasilkan kenaikan yield yang signifikan, menunjukkan bahwa jumlah katalis yang memadai mempercepat laju reaksi dan meningkatkan konversi trigliserida menjadi metil ester. Namun, ketika konsentrasi katalis melebihi 2% (3%, 4%, dan 5%), yield justru menurun. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya viskositas campuran akibat kelebihan katalis, sehingga pengadukan menjadi kurang efektif. Selain itu, kelebihan katalis dapat memicu saponifikasi yang mengikat metanol dan gliserol, sehingga pembentukan biodiesel berkurang.

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa konsentrasi katalis 2% merupakan kondisi paling optimal untuk produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan CaO sebagai katalis heterogen dari cangkang langkitang.

4.1.3 Sifat Fisiokimia Biodiesel

Selain menghitung Yield biodiesel yang dihasilkan, penting juga dilakukan analisis sifat fisiokimia untuk menilai kualitas biodiesel. Parameter uji meliputi viskositas kinematik, densitas, dan titik nyala. Hasil pengujian ini dibandingkan dengan standar biodiesel SNI 7182:2015 untuk mengetahui kelayakan produk yang dihasilkan. Data fisiokimia yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data Fisiokimia biodiesel

Parameter analisa	Satuan	Hasil uji	Metode uji
Viskositas	Mm/s ²	5,823	ASTM-D445
Densitas	G/mL	0,855	ASTM-D4052
Titik nyala	°C	201	ASTM-D93

4.1.3.1 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan atau tahanan suatu fluida terhadap aliran. Dalam konteks biodiesel, viskositas berpengaruh langsung terhadap kemampuan bahan bakar untuk teratomisasi di dalam ruang bakar mesin. Semakin rendah viskositas, semakin mudah bahan bakar diubah menjadi butiran halus, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Sebaliknya, viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan aliran bahan bakar dan pembakaran yang kurang efisien.

Hasil pengujian viskositas biodiesel dapat dilihat pada tabel 4.2 yang menunjukkan nilai sebesar 5,823 cSt pada suhu 40 °C. Nilai ini menunjukkan bahwa biodiesel memiliki kualitas yang sesuai dengan standar biodiesel yang berdasarkan SNI 7182 : 2015. Viskositas yang sesuai standar akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan kinerja mesin.

4.1.3.2 Densitas Biodiesel

Densitas adalah perbandingan massa suatu zat terhadap volumenya, yang dinyatakan dalam satuan g/cm³ atau kg/m³. Pada biodiesel, densitas menentukan jumlah energi yang terkandung dalam tiap satuan volume bahan bakar.

Diketahui :

$$m = 42,75 \text{ g}$$

$$V = 50 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{42,75 \text{ ml}}{50 \text{ ml}} = 0,855$$

Hasil perhitungan densitas biodiesel di atas menunjukkan nilai sebesar 0,855 pada suhu 40 °C, atau dapat di lihat juga pada tabel 4.2. Hasil ini

menunjukkan bahwa biodiesel yang diperoleh memiliki kualitas yang sesuai dengan standar biodiesel berdasarkan SNI 7182 : 2015. Densitas yang sesuai standar berperan penting dalam menentukan energi per satuan volume serta kinerja injektor dalam sistem bahan bakar mesin, sehingga biodiesel ini layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

4.1.3.3 Titik Nyala Biodiesel

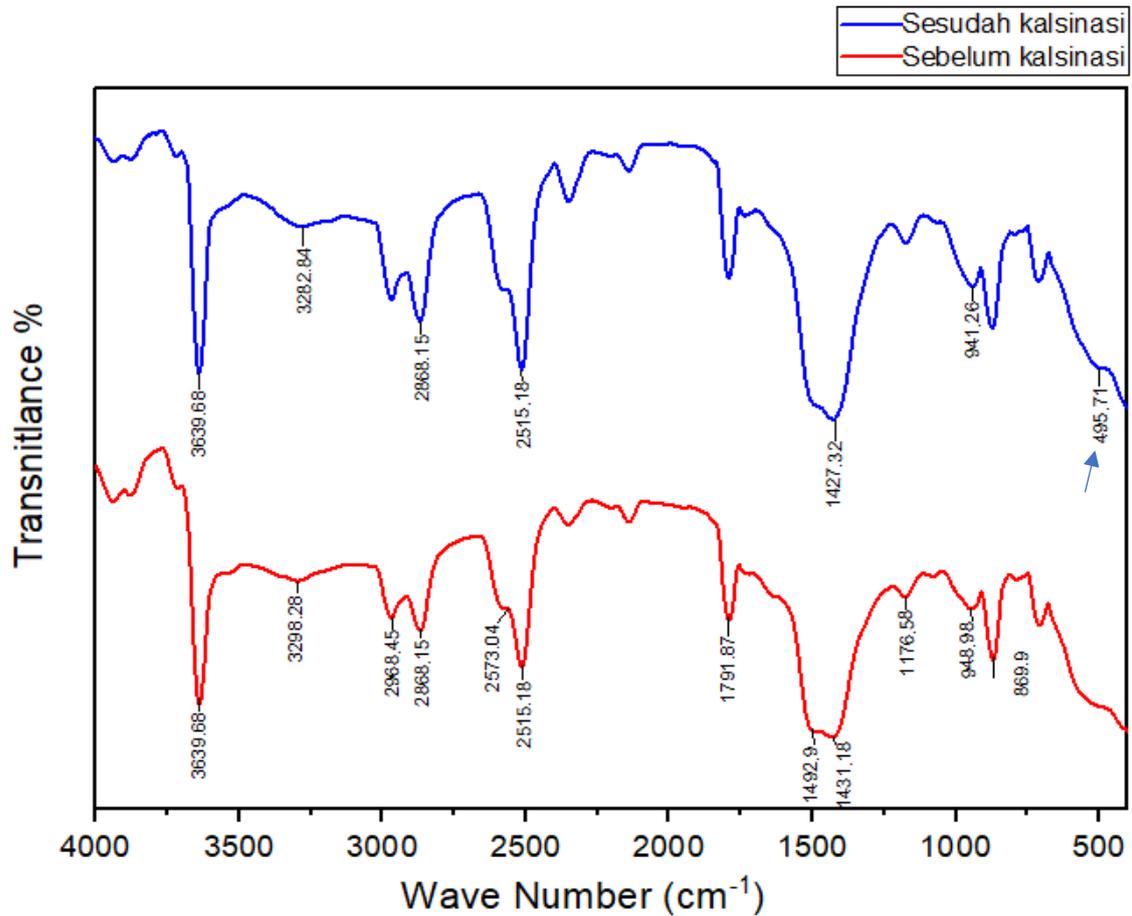
Titik nyala (flash point) adalah suhu terendah di mana uap bahan bakar dapat menyala sesaat ketika terkena sumber api. Parameter ini penting karena menunjukkan tingkat keamanan dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar. Semakin tinggi titik nyala, semakin aman bahan bakar dari risiko kebakaran tidak disengaja. Pada biodiesel, titik nyala juga mencerminkan kandungan metanol sisa; semakin tinggi titik nyala maka semakin sedikit metanol yang tertinggal.

Hasil pengujian titik nyala biodiesel dapat dilihat pada tabel 4.2 yang menunjukkan nilai sebesar 201 °C. Nilai ini menunjukkan bahwa biodiesel memiliki kualitas yang sesuai dengan standar biodiesel yang berdasarkan SNI 7182 : 2015. Titik nyala yang tinggi merupakan salah satu keunggulan biodiesel karena menunjukkan tingkat keamanan yang baik dalam penyimpanan dan transportasi. Selain itu, titik nyala yang tinggi juga menunjukkan rendahnya kandungan metanol sisa dalam biodiesel, sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik.

4.1.4. Analisis FTIR

4.1.4.1 Katalis Heterogen Cangkang Langkitang

Uji Fourier Transform Infrared (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada cangkang langkitang, baik sebelum maupun sesudah kalsinasi. Analisis ini bertujuan untuk memastikan perubahan struktur kimia dari kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi kalsium oksida (CaO) akibat pemanasan pada suhu tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik FTIR Katalis heterogen cangkang langkitang

Pada kondisi sebelum kalsinasi, pita serapan kuat pada bilangan gelombang 1791,87 cm^{-1} dan 1431,18 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonat (CO_3^{2-}), yang merupakan karakteristik utama dari CaCO_3 . Pita pendukung karbonat lain terdeteksi pada 1176,85 cm^{-1} , 948,98 cm^{-1} , dan 869,9 cm^{-1} , yang memperkuat bukti bahwa material penyusun cangkang didominasi oleh kalsium karbonat. Selain itu, terdapat pita pada 3639,68 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus -OH dari molekul air yang masih terikat, serta pita pada 2968,45 cm^{-1} (C-H alifatik, intensitas sedang-lemah) yang menunjukkan sisa senyawa organik alami. Pita 2515,18 cm^{-1} juga muncul sebagai overtone khas karbonat, mendukung identifikasi CaCO_3 .

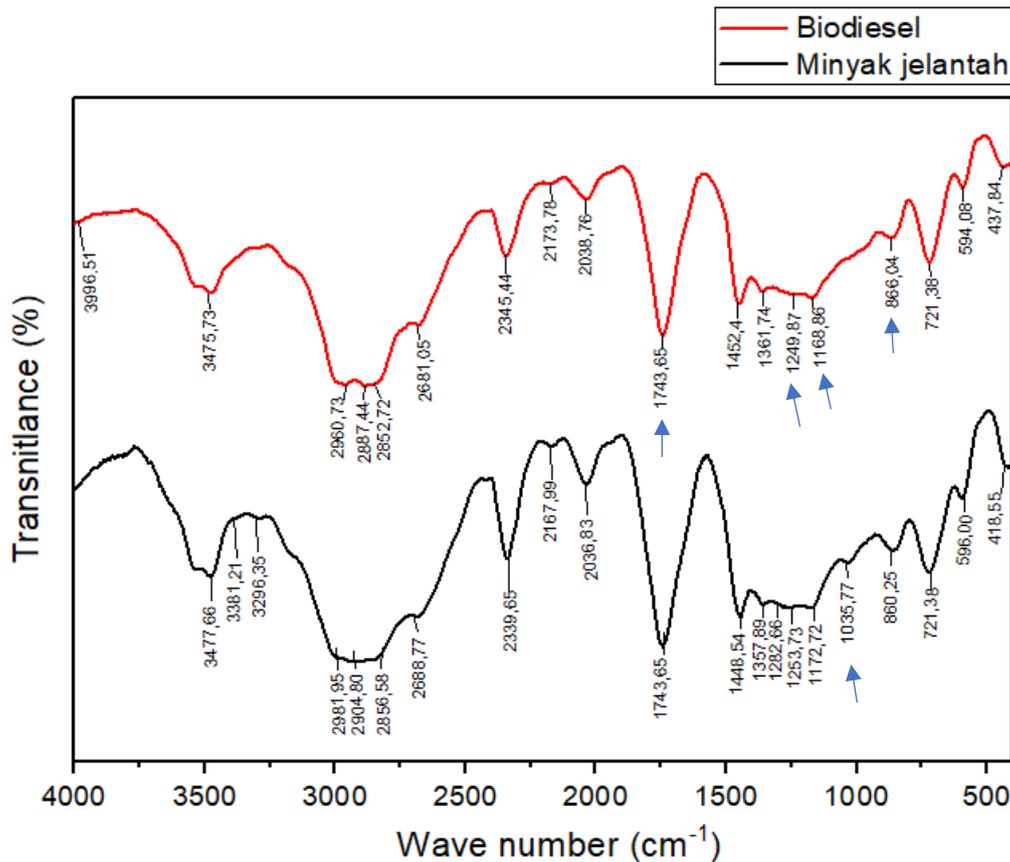
Setelah kalsinasi, terjadi perubahan signifikan pada spektrum. Intensitas pita karbonat utama 1791,87 cm^{-1} dan 1431,18 cm^{-1} melemah, bahkan bergeser menjadi 1427,32 cm^{-1} dengan intensitas lemah, menandakan terjadinya dekomposisi karbonat. Sebaliknya, muncul pita baru yang kuat pada 495,71 cm^{-1} ,

yang merupakan vibrasi ulur khas ikatan Ca–O, sebagai indikator terbentuknya fasa CaO. Pita pada 3282,84 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus –OH akibat air yang teradsorpsi, sedangkan pita 2868,15 cm^{-1} menunjukkan jejak C–H dengan intensitas lemah. Kehadiran pita 2515,18 cm^{-1} masih dapat terdeteksi meskipun dengan intensitas lebih rendah, yang mungkin disebabkan oleh sisa karbonat yang belum sepenuhnya terdekomposisi.

Berdasarkan hasil ini, dapat dipastikan bahwa kalsinasi berhasil mengubah struktur utama cangkang langkitang dari CaCO_3 menjadi CaO, yang ditandai dengan hilangnya pita-pita karbonat dominan serta munculnya pita baru khas CaO.

4.1.4.2 Biodiesel

Biodiesel yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode FTIR. Analisis spektroskopi ini bertujuan membandingkan spektrum minyak jelantah dan biodiesel. Kehadiran senyawa ester dalam spektrum menunjukkan bahwa biodiesel telah terbentuk. Grafik hasil pengujian disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik FTIR biodiesel

Data hasil uji FTIR yang telah diperoleh dari uji laboratorium pengujian jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe menunjukkan bahwa penelitian ini telah mampu memproses minyak jelantah menjadi ester biodiesel. Hal ini dipahami berdasarkan adanya senyawa ester biodiesel yang teridentifikasi.

Spektrum FTIR yang diperoleh dari sampel biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis heterogen CaO dari cangkang langkitang menunjukkan puncak-puncak khas yang menandakan terbentuknya senyawa metil ester (FAME). Pengujian dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} , dan hasilnya dibandingkan dengan spektrum minyak jelantah sebelum proses transesterifikasi. Puncak serapan paling signifikan pada biodiesel terletak di 1743 cm^{-1} , yang sesuai dengan getaran peregangan gugus karbonil (C=O) dari ester. Kehadiran dan ketajaman puncak ini yang pada minyak jelantah tidak dominan menjadi indikator utama bahwa trigliserida telah terkonversi menjadi metil ester. Selain itu, pita C–H alifatik tetap terlihat pada dua puncak utama di area 2960 dan 2887 cm^{-1} , yang menandakan keberadaan rantai alkil panjang yang tetap terjaga setelah reaksi.

Ciri lain yang menegaskan terbentuknya ester adalah penguatan pita C–O–C pada 1249 cm^{-1} dan 1168 cm^{-1} . Pada minyak jelantah, wilayah ini relatif lebih lemah, sedangkan pada biodiesel menjadi lebih jelas sehingga mengonfirmasi pembentukan ikatan ester baru hasil transesterifikasi. Sebaliknya, pita yang terkait dengan struktur trigliserida pada minyak awal misalnya di 1035 cm^{-1} menjadi tidak dominan pada biodiesel, menunjukkan bahwa komponen trigliserida telah banyak berkurang. Pada wilayah rendah, terlihat pula pita di $\pm 860 \text{ cm}^{-1}$ yang pada minyak jelantah lebih nyata, namun pada biodiesel cenderung melemah, menandakan berkurangnya fitur ikatan yang khas minyak awal.

Secara keseluruhan, tiga indikator perubahan utama yang tampak pada grafik FTIR—yakni muncul/menajamnya puncak karbonil ester di 1743 cm^{-1} , penguatan pita C–O–C di 1249 cm^{-1} dan 1168 cm^{-1} , serta pelemahan ciri trigliserida di 1036 cm^{-1} (disertai berkurangnya pita $\pm 860 \text{ cm}^{-1}$)—membuktikan bahwa minyak jelantah berhasil dikonversi menjadi biodiesel.

4.2 Hasil Pembahasan

4.2.1 Kualitas Biodiesel

Kualitas biodiesel dapat ditentukan melalui parameter viskositas, densitas, dan titik nyala, karena ketiganya sangat mempengaruhi kinerja pembakaran, efisiensi mesin, serta faktor keamanan bahan bakar.

Berdasarkan data pada Tabel 4.2, biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang memiliki nilai viskositas 5,823 cSt pada suhu 40 °C. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran standar SNI 7182:2015 (2,3–6,0 cSt). Viskositas yang sesuai standar menjadi sangat penting karena berhubungan dengan proses atomisasi bahan bakar di injector. Jika nilai viskositas terlalu besar, maka atomisasi akan terganggu sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna dan emisi meningkat. Sebaliknya, jika viskositas terlalu rendah, maka pelumasan injector berkurang dan berpotensi menimbulkan keausan. Dengan nilai 5,823 cSt, biodiesel hasil penelitian ini dapat dikategorikan berkualitas sesuai standar dan dapat digunakan langsung pada mesin diesel tanpa membutuhkan modifikasi khusus.

Selanjutnya, nilai densitas biodiesel yang diperoleh adalah 0,855 g/cm³, yang juga masuk dalam rentang standar SNI 7182:2015 (0,850–0,890 g/cm³). Nilai ini menandakan bahwa proses konversi trigliserida menjadi metil ester berlangsung efektif. Densitas yang ideal penting untuk mengatur laju alir bahan bakar dalam sistem injeksi. Apabila densitas terlalu tinggi, konsumsi bahan bakar cenderung meningkat karena massa jenis yang besar per volume. Sebaliknya, densitas yang terlalu rendah akan mengurangi energi per volume bahan bakar.

Sementara itu, titik nyala biodiesel hasil penelitian mencapai 201 °C, jauh di atas batas minimal yang ditetapkan SNI yaitu 100 °C. Tingginya titik nyala ini mengindikasikan rendahnya kandungan metanol sisa pada produk akhir. Kondisi tersebut penting dari sisi keselamatan penyimpanan maupun distribusi, sebab biodiesel dengan titik nyala rendah lebih mudah terbakar dan berisiko tinggi. Nilai 201 °C yang dicapai menunjukkan bahwa biodiesel ini memiliki tingkat keamanan yang baik serta lebih unggul dibandingkan solar fosil yang umumnya hanya memiliki titik nyala 52–96 °C.

Secara keseluruhan, hasil pengujian memperlihatkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis heterogen dari cangkang langitang telah memenuhi standar mutu SNI 7182:2015 pada parameter viskositas, densitas, maupun titik nyala. Hal ini membuktikan bahwa proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis heterogen dari cangkang langitang menghasilkan biodiesel yang berkualitas.

4.2.2 Efisiensi Katalis

Efisiensi katalis dinilai dari kemampuan katalis mempercepat laju reaksi transesterifikasi sehingga menghasilkan yield biodiesel yang tinggi. Variasi konsentrasi katalis CaO (1–5%) digunakan untuk mengetahui kondisi optimum reaksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa yield tertinggi diperoleh pada konsentrasi katalis 2% dengan nilai 86,4%. Pada konsentrasi 1%, yield yang dihasilkan hanya 64,8%, yang menunjukkan bahwa jumlah katalis belum cukup untuk menyediakan situs aktif bagi terjadinya konversi trigliserida menjadi metil ester. Penambahan katalis menjadi 2% meningkatkan jumlah situs basa (O^{2-}) yang tersedia, sehingga mempercepat laju reaksi transesterifikasi. Hal ini sejalan dengan teori Helwani et al. (2009) yang menyatakan bahwa CaO merupakan katalis basa kuat yang efektif mempercepat konversi minyak nabati menjadi biodiesel.

Namun, peningkatan konsentrasi katalis lebih dari 2% justru menurunkan yield, yaitu 74,8% pada 3%, 69,6% pada 4%, dan 60,8% pada 5%. Penurunan ini diduga akibat terbentuknya endapan katalis berlebih yang meningkatkan viskositas campuran reaksi. Kondisi ini menghambat difusi antara trigliserida dan metanol, sehingga konversi tidak berlangsung optimal. Selain itu, katalis berlebih juga memicu reaksi samping berupa saponifikasi, yaitu pembentukan sabun dari interaksi asam lemak bebas dengan katalis basa. Keberadaan sabun mengganggu pemisahan antara biodiesel dan gliserol, sehingga menurunkan jumlah biodiesel murni yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi katalis 2% merupakan kondisi optimum, karena mampu memberikan laju reaksi yang tinggi dan yield biodiesel paling maksimal. Kondisi ini mendukung teori bahwa efisiensi

katalis heterogen sangat bergantung pada keseimbangan antara jumlah situs aktif dan kondisi pencampuran reaktan.

4.2.3 Standar Proses Produksi dan Karakteristik Biodiesel

Proses produksi biodiesel dilakukan melalui proses transesterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis heterogen dari cangkang langkitang dengan kondisi operasi: rasio molar metanol:minyak 12:1, suhu reaksi 60 °C, waktu reaksi 90 menit, dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Kondisi ini dipilih karena mampu menjaga kestabilan reaksi sekaligus mencegah degradasi termal pada biodiesel.

Hasil uji menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu biodiesel SNI 7182:2015. Parameter viskositas (5,823 cSt), densitas (0,855 g/cm³), dan titik nyala (201 °C) semuanya berada dalam rentang standar. Hal ini menandakan bahwa proses produksi telah berlangsung sesuai mekanisme reaksi transesterifikasi, di mana trigliserida berhasil dikonversi menjadi metil ester dengan tingkat kemurnian yang baik.

Selain itu, biodiesel yang dihasilkan memiliki karakteristik lebih unggul dari sisi keamanan dibandingkan solar fosil, karena titik nyalanya lebih tinggi. Sementara itu, densitas dan viskositas yang sesuai standar memastikan biodiesel dapat digunakan langsung pada mesin diesel tanpa memerlukan modifikasi teknis. Dengan kata lain, proses produksi yang dilakukan pada penelitian ini sudah sesuai dengan prinsip efisiensi proses dan kualitas produk, serta mendukung penerapan biodiesel berbasis limbah minyak jelantah sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mulai dari tahap preparasi katalis, proses produksi biodiesel, hingga analisis sifat fisik dan kimia produk, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Secara umum, penelitian ini membuktikan bahwa limbah minyak jelantah dan cangkang langkitang dapat dimanfaatkan menjadi produk energi terbarukan yang ramah lingkungan.
2. Proses esterifikasi berhasil menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dari 5,6% menjadi 0,72%, sehingga minyak jelantah layak digunakan dalam tahap transesterifikasi.
3. Katalis heterogen CaO dari cangkang langkitang terbukti mampu mempercepat reaksi transesterifikasi dan menghasilkan biodiesel dengan kualitas baik.
4. Yield biodiesel tertinggi diperoleh pada penggunaan katalis 2%, yaitu sebesar 86,4%, yang menjadi kondisi optimum dalam penelitian ini.
5. Sifat fisik biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar SNI 7182:2015, dengan nilai viskositas 5,823 cSt, densitas 0,855 g/cm³, dan titik nyala 201 °C.
6. Analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi metil ester, yang menandakan keberhasilan konversi minyak jelantah menjadi biodiesel.

5.2 Saran

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

1. Proses pemurnian biodiesel perlu ditingkatkan, baik melalui pencucian berulang dengan air hangat maupun dengan menggunakan metode alternatif seperti adsorpsi menggunakan zeolit atau karbon aktif, agar diperoleh biodiesel dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi.
2. Penelitian lanjutan sebaiknya menguji parameter mutu biodiesel lainnya selain viskositas dan densitas, misalnya kadar air, kadar abu, kadar gliserol total, angka setana, dan titik nyala, agar kualitas biodiesel benar-benar sesuai standar SNI secara menyeluruh.
3. Diperlukan pengujian langsung biodiesel pada mesin diesel untuk mengetahui konsumsi bahan bakar, efisiensi pembakaran, daya mesin, serta emisi gas buang, sehingga performa biodiesel dalam kondisi operasional nyata dapat dievaluasi.
4. Disarankan dilakukan uji regenerasi katalis CaO dari cangkang langkitang guna mengetahui kemampuan penggunaannya kembali dalam beberapa siklus reaksi tanpa penurunan aktivitas yang signifikan, sehingga penerapan skala industri lebih realistis dan ekonomis.
5. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam program pengelolaan minyak jelantah di tingkat rumah tangga maupun industri kuliner untuk diolah menjadi biodiesel, sehingga selain menciptakan energi alternatif ramah lingkungan, juga dapat mengurangi pencemaran akibat pembuangan minyak jelantah sembarangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusliana, S., Kalla, R., & Suryanto, A. (n.d.). *Pembuatan Biodisel Dengan Penambahan Katalis CaO dari Cangkang Telur*.
- Alfa Rizqi, S., ananda, R., Farisha, S., Teknik Kimia, J., & Teknologi Kimia, P. (2017a). OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS CANGKANG TIRAM (CRASSOSTREA GIGAS). In *Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 15, Issue 2).
- Alfa Rizqi, S., ananda, R., Farisha, S., Teknik Kimia, J., & Teknologi Kimia, P. (2017b). OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS CANGKANG TIRAM (CRASSOSTREA GIGAS). In *Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 15, Issue 2).
- Arita, S., Sartika Adipati, A., Puspita Sari, D., Raya Palembang Prabumulih Km, J., & Ogan Ilir, I. (2014). PEMBUATAN KATALIS HETEROGEN DARI CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) DAN DIAPLIKASIKAN PADA REAKSI TRANSESTERIFIKASI DARI CRUDE PALM OIL. In *Jurnal Teknik Kimia* (Vol. 20, Issue 3).
- Arum Wulandari, D., Arif Syaefuddin, E., Dwiki Indrawan, A., Sholehudin, F., Raihan Dhiyaulhaq, N., Setianto, R., & Melando, E. (n.d.). PENGOLAHAN MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL SEBAGAI UPAYA PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PESISIR. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, 2023, 2023*. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
- Ayu Marisa Harahap, R. (2022). Studi Aplikasi Co-Katalis pada Produksi Biodiesel Berbahan Baku Minyak Goreng Bekas (Study of Co-Catalyst Applications In Biodiesel Production Made From Used Cooking Oil). *Jurnal Lmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1). www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Azmi, N., Kurniawan, E., Hakim, L., & Artikel, R. (n.d.). Produksi Biodiesel dari Minyak Campuran Minyak Jelantah dengan Minyak Jarak Kaliki (Ricinus Communis) Menggunakan Katalis Heterogen CaO Dari Limbah Cangkang Kepiting. In *Journal of Biodiesel Research and Innovation (J-Brain)* (Vol. 2).
- Contents. (2009). *Applied Catalysis A: General*, 363(1–2), iii–x. [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(09\)00435-9](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(09)00435-9)
- Devita, L., Penyuluhan, S. T., & Medan, P. (n.d.). *BIODIESEL SEBAGAI BIOENERGI ALTERNATIF DAN PROSPEKTIF*.
- Dwi Putri Ananda, R., Nurul Komariah, L., Pralisa Putri, N., Arita, S., Kunci, K., Sawit, A., & Kosong Kelapa Sawit, T. (n.d.). Potensi dan karakteristik abu

tandan kosong kelapa sawit sebagai katalis heterogen untuk produksi biodiesel
Potential and characteristics of oil palm empty fruit bunches as a heterogeneous catalyst for biodiesel production. In *Jurnal Teknik Kimia* (Vol. 29, Issue 1).

Gunawan Prasetyo, D., Terapan, S., Energi, T., Jurusan, /, Kimia, T., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Review Artikel KATALIS KALSIMUM OKSIDA (CaO) BERBASIS BIO UNTUK PRODUKSI BIODIESEL BIO-BASED CALCIUM OXIDE (CaO) CATALYST FOR BIODIESEL PRODUCTION. *Jurnal Kinetika*, 12(03), 56–60. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index56>

Harinda, Z. T., Hidayati, D. N., Yani, J. A., & Pos, T. (2019). Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Na₂O/Fly Ash Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. *Jurusan Teknik Kimia*.

Indah Mawarni Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, D., & Suryanto Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, H. (2018). PENGARUH SUHU PENGADUKAN TERHADAP YIELD BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH. *Jurnal SIMETRIS*, 9(1).

Indra Darmawan, F., & Teknik Mesin, J. (2013). *PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN METODE PENCUCIAN DRY-WASH SISTEM I* Wayan Susila (Vol. 02). www.wartaekonomi.com/indicator,

Kurata Ayuni, 180704010, FST, KIM, 082272828314. (n.d.).

Kurnia Sari, D., Nuryanti, R., & Syavia Gandawati, P. (2024). *UTILIZATION OF HOUSEHOLD USED WASTED OIL LIQUID WASTE FOR AN ALTERNATIVE FUEL TYPE OF BIODIESEL USING CHICKEN BONE WASTE AS A HETEROGENOUS CATALYST WITH TEST PARAMETERS CETANE INDEX ASTM D-4737, DENSITY AND FLASH POINT PM ASTM D-93* (Vol. 15, Issue 02).

Kurniasih, E., Parlina, A., Rayhani, Z., Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, J., & Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri, P. (2017). PENGGUNAAN KATALIS HETEROGEN UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. *Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 15(01).

Kurniawan, E., Perdana, F., Kuantan Singingi, I., Gatot Subroto, J. K., & Nenas Telukkuantan Riau, K. (2022). PROSES TRANSESTERIFIKASI LIMBAH MINYAK GORENG BEKAS MENGGUNAKAN KATALIS CAO DARI LIMBAH CANGKANG BEKICOT (ACHATINA FULICA). *Inovasi Teknik Kimia*, 7(1), 9–17.

Latifah Azzahro, U., Wisnu Broto, dan, Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis CaO pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas, P., &

- Diponegoro, U. (2021). How to cite: PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARA SEBAGAI KATALIS CAO PADA PEMBUATAN BIODIESEL MINYAK GORENG BEKAS. *Jurnal Sosial Dan Teknologi (SOSTECH)*, 1(6). <https://greenvest.co.id/>
- Limbah, P., Telur, C., Sebagai, A., Cao, K., Goreng, B. M., Altaera, B., Syahputri, Y., & Broto, R. T. W. (2020). *Utilization of Chicken Egg Shell Waste as a CaO Catalyst for Used Cooking Oil Biodiesel* (Vol. 01, Issue 1).
- Mahendra, D. A., Abdus, M., & Jawwad, S. (2023). EDUKASI TENTANG PEMANFAATAN LIMBAH MINYAK JELANTA KANTIN DI SEBUAH PERUSAHAAN. In *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 3, Issue 1). https://jurnalfkip.samawa-university.ac.id/karya_jpm/index
- Melani, H., & Maftukhah, S. (n.d.). *Pengaruh Suhu Dalam Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO Cangkang Keong Mas (Pomacea canaliculata Lamarck)*. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK>
- Mirzayanti, Y. W., Udyani, K., Cahyaningsih, R., & Darmawan, M. P. T. (2022). KONVERSI MINYAK BIJI KAPUK MENJADI BIODIESEL MENGGUNAKAN KATALIS CaO/HTC. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(2), 417–425. <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i2.1045>
- Oko, S., & Feri, M. (2019). *PENGEMBANGAN KATALIS CaO DARI CANGKANG TELUR AYAM DENGAN IMPREGNASI KOH DAN APLIKASINYA TERHADAP PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JARAK*. 11(2). <https://doi.org/10.24853/jurtek.11.2.103-110>
- Oko, S., Kurniawan, A., & Nur Eka Putri, K. (2021a). *SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS NaOH/CaO/C DARI CANGKANG TELUR THE SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM USED COOKING OIL BY USING A CATALYST OF NaOH/CaO/C FROM EGG SHELL* (Vol. 15, Issue 2).
- Oko, S., Kurniawan, A., & Nur Eka Putri, K. (2021b). *SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS NaOH/CaO/C DARI CANGKANG TELUR THE SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM USED COOKING OIL BY USING A CATALYST OF NaOH/CaO/C FROM EGG SHELL* (Vol. 15, Issue 2).
- Oko, S., Kurniawan, A., Willain, D., & Studi Teknik Kimia Politenik Negeri Samarinda Jalan Ciptomangkusumo Kampus Gunung Lipan PoBox, P. (2021). *SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK KEDELAI MELALUI REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS CaO/NaOH*. 13(1). <https://doi.org/10.24853/jurtek.13.1.1-6>
- Permata Lestari, L., & Sylvia, N. (2021). PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK KEPYAR (Castor Oil)

TERHADAP METIL ESTER DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. In *Chemical Engineering Journal Storage* (Vol. 1, Issue 2).

Prasetyo Pusat Teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia, J. (2018). STUDI PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL Studi On The Utilization of Used Oil As Raw Material For Biodiesel. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM* (Vol. 2, Issue 2).

Pratama Tegar Parderio, Angga Dwi Dharmawan, Gede Wibawa, dan Annas Wiguno. (n.d.).

Pratigto, S., Istadi, I., Dyah, D., & Wardhani, H. (2019). Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna Karakterisasi Katalis CaO dan Uji Aktivitas pada Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai. *Desember*, *15*(2), 57–64. <https://doi.org/10.14710/metana.v15i1.25106>

Putra, O. Y., Martias, D., Pd, M., & Alwi, D. E. (n.d.). *Pengaruh Pencampuran Premium Dan Metanol Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Vario Techno PGM-FI*.

P Wiyata, I. Y., & W Broto, R. T. (2021). *Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO*.

Ridha Fauzi, M., & Triasih, P. (2015). EFEKTIFITAS PENGGUNAAN CaO SEBAGAI KATALIS HETEROGEN DIBANDINGKAN KATALIS HOMOGEN UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. In *Jurnal Photon* (Vol. 6, Issue 1).

Rizalina, H., Cahyono, E., Mursiti, S., Nurcahyo, B., & Supartono, D. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Optimasi Penentuan Kadar Metanol dalam Darah Menggunakan Gas Chromatography. In *J. Chem. Sci* (Vol. 7, Issue 3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>

Sari, R., Dewi, R., & Hakim, D. L. (2021). Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Katalis pada Sintesa Biodiesel dari Minyak Jelantah. In *Jurnal Teknos* (Vol. 1, Issue 1). www.indonesia.go.id

Sari, Y. C., Junaidi, R., & Hasan, A. (2022). Application Of Limestone As Heterogene Catalyst For Biodiesel Production From Waste Cooking Oil. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, *2*(8). <https://doi.org/10.52436/1.jpti.204>

Simpem, I. N., Negara, I. M. S., & Ratnayani, O. (2021). KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA KATALIS HETEROGEN CaO-BASE DAN PEMANFAATANNYA UNTUK KONVERSI MINYAK GORENG BEKAS

SECARA SINAMBUNG MENJADI BIODIESEL. *Jurnal Kimia*, 188.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i02.p09>

Sisca, V., & Rahayuningsih, J. (2022). Pembuatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Katalis Heterogen untuk produksi Biodiesel. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(2), 134.
[https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(2\).10862](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(2).10862)

Sri Kurniati A. (n.d.).

Standardisasi, B., & Biodiesel, N. (2015). ". In *Standar Nasional Indonesia ICS*.
www.bsn.go.id

Suherman, Ilmi, Sabri, M., Ginting, E. F., & Silalahi, J. J. (2025). Biodiesel production of WCO-neem oil and mixed using pilot plant scale with ultrasound and overhead stirred and characteristic of emissions in fire tube boiler. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11.
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.101029>

Syafitri, A., Mediniariasty, A., & Yerizam, M. (2024). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur dan Sekam Padi sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 4(1), 5–10. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.368>

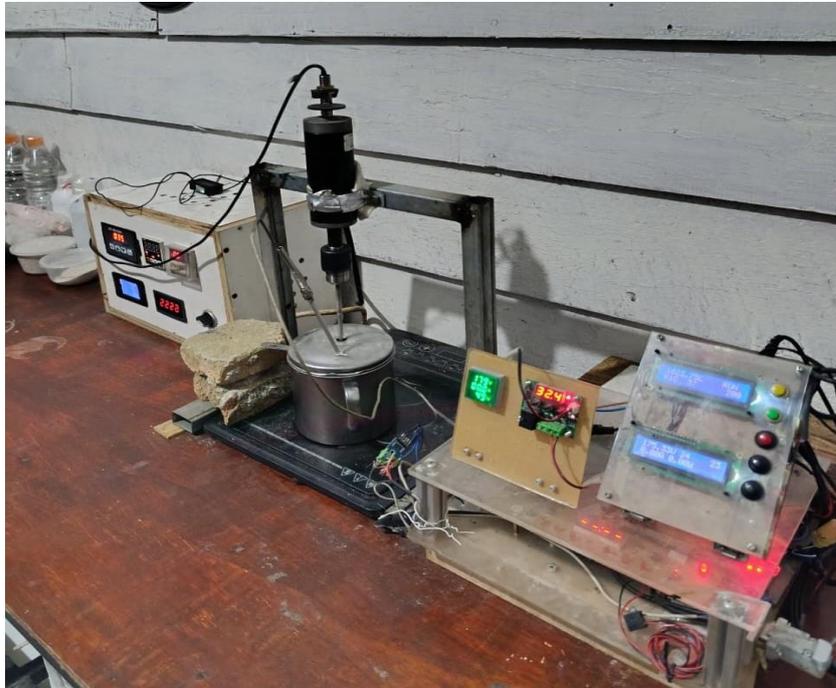
Usman, T., Ariany, L., Rahmalia, W., & Advant, R. (2009). ESTERIFICATION OF FATTY ACID FROM PALM OIL WASTE (SLUDGE OIL) BY USING ALUM CATALYST Esterifikasi Asam Lemak dari Limbah Kelapa Sawit (Sludge Oil) Menggunakan Katalis Tawas. In *Indo. J. Chem* (Vol. 9, Issue 3).

Yolanda+Ramadhanti. (n.d.).

Zuhra, B., Husin, H., Hasfita, F., & Rinaldi, W. (2015). PREPARASI KATALIS ABU KULIT KERANG UNTUK TRANSESTERIFIKASI MINYAK NYAMPLUNG MENJADI BIODIESEL Preparation of Cockle Shell Powder Catalyst for Transesterification of *Calophyllum inophyllum* L. Oil to. In *AGRITECH* (Vol. 35, Issue 1).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Penelitian



Proses pemanasan sampel



Proses pemisahan setelah esterifikasi



Hasil esterifikasi setelah di lakukan pemisahan



sebelum pemisahan



Setelah pemisahan

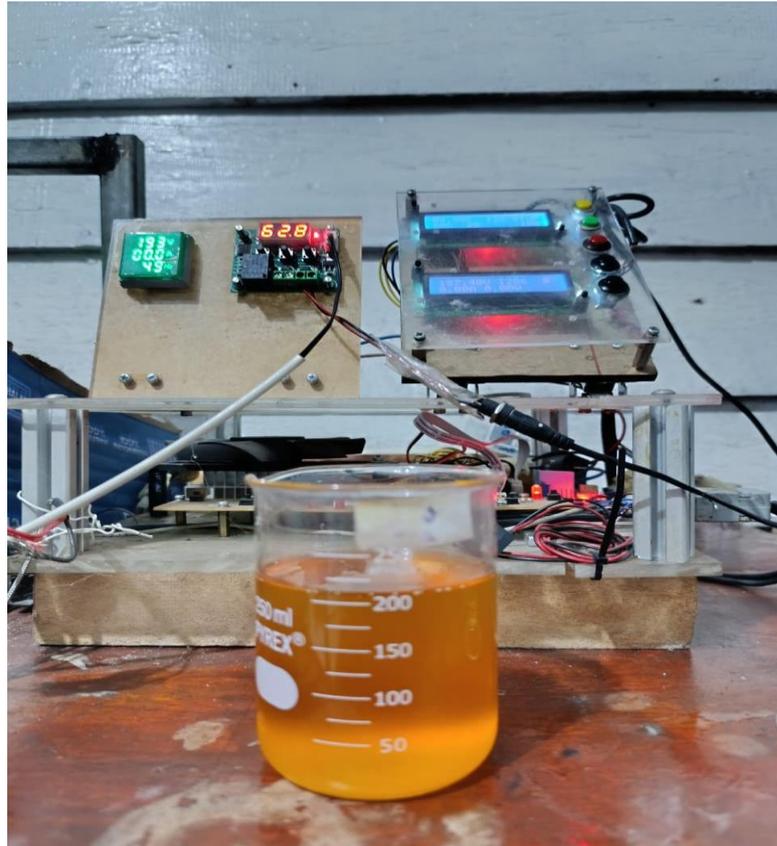
Proses pemisahan setelah transesterifikasi



Proses pencucian biodiesel



Proses penyaringan biodiesel

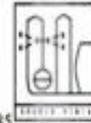


Biodiesel murni yang telah di saring



**LABORATORIUM PENGUJIAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI LHOKEUMAWE**

Jalan Banda Aceh-Medan Km. 280,3 Buketrata-Lhokseumawe, 24301 P.O Box 90 Telepon / Fax : (0645) 42785



LAPORAN HASIL UJI

No. Contoh Uji : 22082025
Nama : Rafly Rizaldy Lubis
Instansi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jenis Contoh Uji : Biodiesel
Tanggal Penerimaan : 21 Agustus 2025
Tanggal Analisis : 22 Agustus 2025
Acuan : ASTM

Tabel Hasil Pengujian:

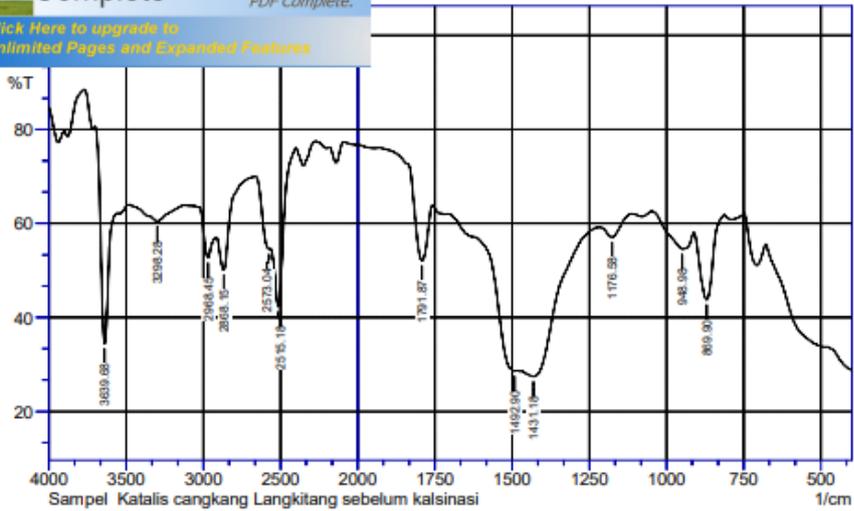
No	Parameter analisa	Satuan	HASIL UJI	Metode Uji
1	Densitas	g/mL	0.855	ASTM D4052
2	Viscositas	Mm/s ²	5.823	ASTM D445

Demikianlah hasil pengujian ini disampaikan, agar dapat dipergunakan seperlunya.

Lhokseumawe, 22 Agustus 2025
Kasie. Laboratorium Pengujian
Kimia

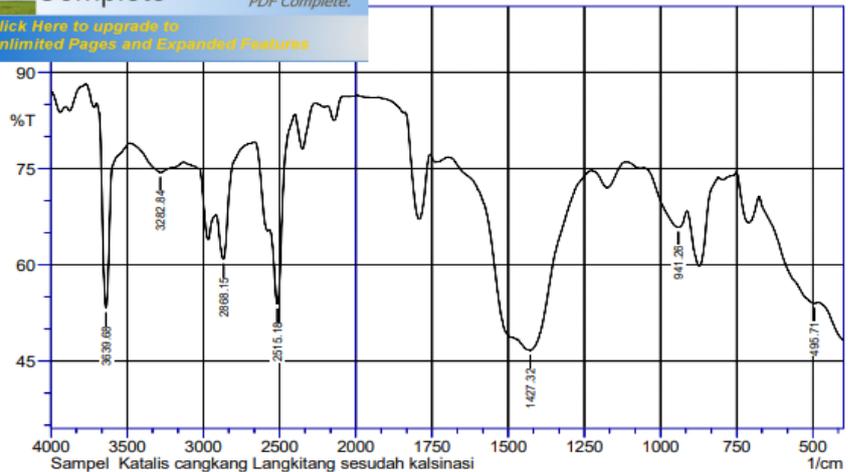
Fifiiana ST, MT
Nip.19721118 1998032003

Hasil Uji Fisiokimia Biodiesel



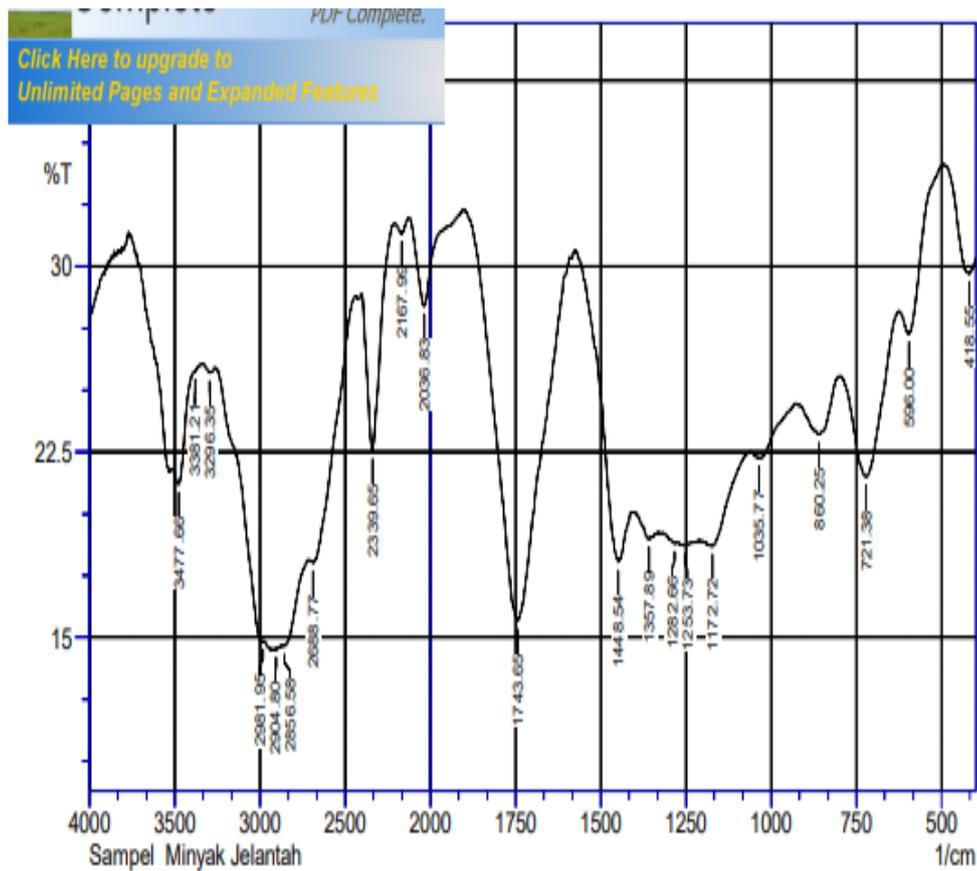
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	869.9	43.78	15.85	910.4	813.96	27.012	5.576
2	948.98	54.562	4.725	1047.35	912.33	32.402	2.704
3	1176.58	57.084	3.199	1215.15	1116.78	22.479	1.084
4	1431.18	27.425	5.638	1467.83	1217.08	93.33	4.111
5	1492.9	28.52	0.952	1614.42	1489.05	47.262	1.09
6	1791.87	52.099	14.131	1926.89	1759.08	28.948	3.926
7	2515.18	42.274	18.896	2565.33	2401.38	38.056	7.58
8	2573.04	54.534	1.028	2661.77	2567.25	20.32	0.804
9	2868.15	50.093	9.366	2914.44	2663.69	50.583	3.399
10	2968.45	52.664	7.491	3024.38	2916.37	26.788	2.926
11	3298.28	60.446	1.633	3350.35	3128.54	46.061	1.081
12	3639.68	34.398	38.236	3701.4	3558.67	37.496	15.984

Hasil uji FTIR katalis cangkang langkitang sebelum kalsinasi



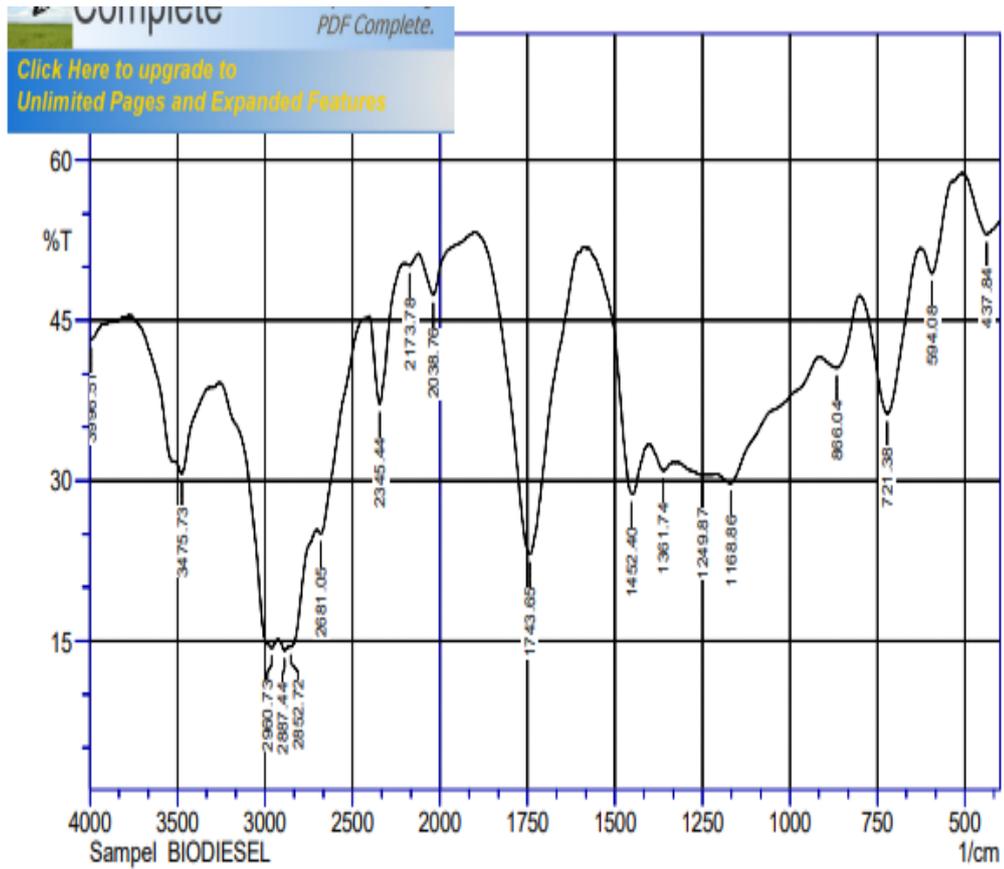
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	495.71	53.998	0.949	675.09	486.06	41.782	2.186
2	941.26	65.886	3.8	1051.2	914.26	21.815	1.962
3	1427.32	46.638	0.926	1433.11	1228.66	43.103	0.612
4	2515.18	53.916	17.011	2565.33	2399.45	26.832	5.699
5	2868.15	60.877	9.414	2916.37	2702.27	30.812	2.973
6	3282.84	74.393	1.824	3479.58	3205.69	32.384	1.327
7	3639.68	53.301	30.178	3699.47	3481.51	30.211	11.406

Hasil uji FTIR katalis cangkang langkitang sesudah kalsinasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	418.55	29.721	1.367	493.78	399.26	47.437	0.92
2	596	27.29	2.228	624.94	495.71	66.538	1.36
3	721.38	21.497	5.215	796.6	626.87	104.81	7.863
4	860.25	23.219	1.809	927.76	798.53	79.955	2.163
5	1035.77	22.267	0.602	1060.85	929.69	83.229	0.652
6	1172.72	18.702	1.098	1209.37	1062.78	101.565	1.282
7	1253.73	18.726	0.112	1274.95	1234.44	29.429	0.064
8	1282.66	18.808	0.073	1317.38	1276.88	29.243	0.042
9	1357.89	18.982	0.251	1392.61	1350.17	30.289	0.163
10	1448.54	18.055	4.305	1571.99	1413.82	100.138	4.573
11	1743.65	15.653	15.666	1897.95	1591.27	193.882	39.195
12	2036.83	28.409	3.678	2123.63	1899.88	115.079	4.727
13	2167.99	31.341	0.5	2206.57	2125.56	40.529	0.276
14	2339.65	22.564	7.244	2403.3	2208.49	110.19	9.149
15	2688.77	18.027	0.706	2704.2	2439.95	170.683	2.226
16	2856.58	14.663	0.148	2862.36	2717.7	113.917	0.55
17	2904.8	14.535	0.014	2906.73	2677.79	24.195	0.016
18	2981.95	14.838	0.231	3263.56	2976.16	198.961	0.812
19	3296.35	25.706	0.064	3331.07	3292.49	22.668	0.025
20	3381.21	25.751	0.027	3383.14	3344.57	22.62	0.004
21	3477.66	21.201	1.566	3508.52	3385.07	78.341	1.43

Hasil uji FTIR minyak jelantah



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	437.84	53.068	2.857	507.28	399.26	27.987	1.2
2	594.08	49.402	4.657	626.87	538.14	24.774	1.643
3	721.38	36.267	13.09	800.46	628.79	63.13	10.717
4	866.04	40.552	3.475	914.26	802.39	41.736	2.267
5	1168.86	29.755	2.345	1209.37	916.19	132.904	1.998
6	1249.87	30.5	0.127	1321.24	1242.16	40.253	0.132
7	1361.74	30.934	1.464	1398.39	1334.74	31.729	0.649
8	1452.4	28.738	9.684	1575.84	1406.11	69.427	5.758
9	1743.65	23.141	29.114	1901.81	1602.85	123.434	39.264
10	2038.76	47.365	4.647	2121.7	1903.74	64.974	3.527
11	2173.78	50.152	0.497	2200.78	2123.63	22.869	0.175
12	2345.44	37.166	9.617	2401.38	2202.71	70.919	7.338
13	2681.05	25.015	1.963	2702.27	2438.02	121.75	1.46
14	2852.72	14.426	0.422	2858.51	2704.2	108.319	1.032
15	2887.44	14.112	0.624	2922.16	2860.43	51.806	0.53
16	2960.73	14.32	0.538	2981.95	2924.09	48.211	0.405
17	3475.73	30.66	2.456	3512.37	3323.35	87.009	1.528
18	3996.51	43.178	0.093	4000.36	3934.78	23.527	0.087

Hasil uji FTIR biodiesel

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN

Nama : Rafly Rizaldy Lubis
 Npm : 2107230034
 Pembimbing : Dr Suherman.,S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	30/01/2025	Perbaiki bab 1. latar belakang	
2.	03/02/2025	Perbaiki bab 2. Tinjauan Pustaka	
3.	05/02/2025	Perbaiki bab 2. Tambahkan tabel referensi dan gambar	
4.	07/02/2025	Perbaiki bab 3. bogen air	
5.	10/02/2025	ACC. Seminar Proposal	
6.	30/07/2025	Perbaiki bab 4. grafik	
7.	09/08/2025	Perbaiki bab 4 Perhitungan	
8.	12/08/2025	Perbaiki bab 4. Fisiokimia	
9.	22/08/2025	Perbaiki bab 4 Pembahasan FTIR	
10.	24/08/2025	Perbaiki bab 5 kesimpulan	
11.	25/08/2025	Tambahkan lampiran	
12.	26/08/2025	ACC. Semhas	
13.	09/09/2025	Ace sudang	



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/AK-KP/PT.XI/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 70/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 Januari 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAFLY RIZALDY LUBIS
Npm : 2107230034
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PROSES PRODUKSI BIODESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN .

Pembimbing : Dr SUHERMAN ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin .
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 13 Rajab 1446 H
14 Januari 2025 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Rafly Rizaldy Lubis

NPM : 2107230034

Judul Tugas Akhir : Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Katalis Heterogen

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Dr Suherman ST.MT		:
Pemanding – I	: Dr Munawar A Siregar ST.MT		: 
Pemanding – II	: Dr Khairul Umurani ST.MT		: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230047	Ajay Ferdianan	
2	2107230012	Yudi Anindya	
3	2107230013	Muhammad Affandi	
4	2107230026	Jamil Al Hamid Waswar	
5	2107230009	Rahmad Daffa Fauzan	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 11 Rabiul Awal 1447 H
04 September 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Rafly Rizaldy Lubis
NPM : 2107230034
Judul Tugas Akhir : Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Katalis Heterogen

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – II : Dr Khairul Umurani ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Suherman ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 11 Rabiul Awal 1447 H
04 September 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar ST.MT



Dr Munawar A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Rafly Rizaldy Lubis
NPM : 2107230034
Judul Tugas Akhir : Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Katalis Heterogen

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – II : Dr Khairul Umurani ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Suherman ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
*Penyempurnaan dan kempulan harus
dibersihkan dengan cara
bersihkan? dan dikeringkan p.d.*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 11 Rabiul Awal 1447 H
04 September 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II


Chandra A Siregar ST.MT


Dr Khairul Umurani ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama lengkap : Rafly Rizaldy Lubis
Tempat / Tanggal lahir : Medan / 24 April 2003
Alamat : Desa Hutabaringin, kec. Kotanopan, Kab. Mandailing Natal, Prov. Sumatera Utara
Jenis Kelamin : Laki – laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum Menikah
E-Mail : raflyrizaldy28@gmail.com
Nomor Telepon / Hp : 082294730804
Motto Hidup : Sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan

B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2009 – 2015 : SD Negeri 190 Kotanopan
Tahun 2015 – 2018 : SMP Negeri 1 Kotanopan
Tahun 2018 – 2021 : SMA Negeri 2 Plus Sipirok
Tahun 2021 – 2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara