



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

"Alam takambang jadi guru"

TUGAS AKHIR – MSN162.8004

**ANALISIS PENGGUNAAN ASAM SULFAT DALAM PENGOLAHAN
MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL**

MUHAMMAD ILHAM

21338013

DOSEN PEMBIMBING

SRI RIZKI PUTRI PRIMANDARI, M.T., Ph.D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Padang

2025

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Penggunaan Asam Sulfat dalam Pengolahan Minyak Jelantah
Menjadi Biodiesel
Nama : Muhammad Ilham
NIM : 21338013
Tahun Masuk : 2021
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 28 Oktober 2025

Disetujui Oleh:

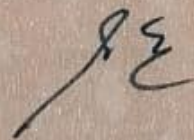
Koordinator Program Studi
S1 Teknik Mesin



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197607062003121001

Dosen Pembimbing



Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D.

NIP. 198303062023212035

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan tugas akhir di depan tim penguji Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri

Padang.

Judul : Analisis Penggunaan Asam Sulfat dalam Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel
Nama : Muhammad Ilham
NIM : 21338013
Tahun Masuk : 2021
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 28 Oktober 2025

Nama	Tim penguji	Tanda Tangan
------	-------------	--------------

- | | | |
|------------|---|--|
| 1. Ketua | : Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D. | |
| 2. Anggota | : Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D. Eng. | |
| 3. Anggota | : Ir. Durain Parmanoan, S.T., M.T., IPM. | |



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan judul “Analisis Penggunaan Asam Sulfat dalam Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 28 Oktober 2025

Saya yang menyatakan,



Muhammad Ilham

NIM. 21338013

ABSTRAK

Muhammad Ilham, 2025. Analisis Penggunaan Asam Sulfat dalam Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel.

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meningkatnya limbah minyak jelantah menimbulkan permasalahan lingkungan yang signifikan. Minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) yang tinggi, sehingga tidak dapat langsung digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat menyebabkan reaksi penyabunan dan menurunkan rendemen. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan proses esterifikasi awal menggunakan katalis asam sebelum tahap transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Proses esterifikasi dilakukan pada suhu 50°C , 60°C , dan 70°C serta waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit, kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis kalium hidroksida (KOH) sebanyak 1% dari berat minyak pada suhu 60°C selama 60 menit. Parameter yang diuji meliputi bilangan asam, densitas, viskositas, rendemen, dan nilai kalor biodiesel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses esterifikasi mampu menurunkan kadar FFA dari 14,24% menjadi 0,423–0,846%, dan setelah transesterifikasi menurun hingga 0,282–0,564%. Kondisi optimum diperoleh pada suhu 60°C dan waktu 60 menit, menghasilkan densitas $882,73 \text{ kg/m}^3$, viskositas 3,007 cSt, rendemen 90%, serta nilai kalor 9.524 kcal/kg (39,86 MJ/kg). Berdasarkan hasil tersebut, minyak jelantah terbukti dapat diolah menjadi biodiesel berkualitas sesuai SNI 7182:2015, sehingga berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Kata kunci : Biodiesel, Minyak Jelantah, Esterifikasi, Transesterifikasi, Katalis H_2SO_4 .

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Penggunaan Asam Sulfat Dalam Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel”**.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu' Alaihi Wasallam, yang telah menjadi panutan umat islam dan membawa perubahan besar bagi peradaban manusia, dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan cahaya ilmu pengetahuan.

Penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan penulis pada program studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang. Selesainya Tugas Akhir ini berkat adanya dorongan dari dalam diri penulis serta pihak yang memberikan semangat, motivasi dan arahnya. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan bimbingan, masukan, dan sarannya kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Universitas Negeri Padang dan juga sebagai Dosen Penguji yang selalu memberikan arahan dan nasihat kepada penulis.
4. Bapak Prof. Ir. Syahril, M.Sc, Ph.D selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan nasihat kepada penulis.

5. Bapak Ir. Durain Parmanoan, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen penguji yang selalu memberikan arahan dan nasehat kepada penulis.
6. Bapak dan ibu dosen beserta staf administrasi Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a, nasihat, motivasi, materi, serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah penulis yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup.
8. Teman seperjuangan serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis
Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.
Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna.
9. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya bagi penulis, yaitu Faras Harya Almesa S.Ak terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis, yang menjadi salah satu penyemangat karena selalu ada dalam suka maupun duka. Terima kasih telah menjadi rumah untuk melepas keluh kesah, segala usaha yang diberikan mulai dari waktu, dukungan, doa serta support dalam penyusunan Tugas Akhir ini sampai selesai.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran yang dapat membangun dari pembaca. Akhir kata penulis minta maaf jika terdapat penulisan kata yang kurang berkenan di hati pembaca.

Padang, 28 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Landasan Teori	8
1. Biodiesel	8
2. Minyak Jelantah	13
3. Katalis	17
4. Proses Esterifikasi.....	20
5. Proses Transesterifikasi	21
6. Metanol	25
7. Katalisator	26
8. Densitas.....	26
9. Viskositas.....	27
10. Angka Asam.....	28
11. Nilai Kalor	30
12. Kadar Air	31
13. Gliserol.....	32
14. Rendemen	32
B. Penelitian Relevan.....	32

BAB III METEDOLOGI PENELITIAN.....	34
A. Jenis Penelitian	34
B. Tempat dan Waktu Penelitian	34
C. Alat dan Bahan	34
D. Tahapan Penelitian	45
A. Tahap Persiapan dan Pra-Pemrosesan	47
B. Proses Esterifikasi (Mengurangi Kandungan Asam Lemak Bebas yang Tinggi)....	49
C. Proses Transesterifikasi (Konversi Menjadi Biodiesel).....	51
D. Proses Pemurnian (Pencucian Biodiesel).....	53
E. Pengolahan Data	59
F. Matriks Pengolahan Data	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
A. Hasil Penelitian.....	65
B. Pembahasan	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
A. Kesimpulan.....	93
B. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA.....	96
LAMPIRAN.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi Esterifikasi.....	9
Gambar 2. Proses Produksi Biodiesel.....	12
Gambar 3. Reaksi Esterifikasi pada Proses Pembuatan Biodiesel.....	21
Gambar 4. Reaksi Transesterifikasi pada Proses Pembuatan Biodiesel	23
Gambar 5. Hot Plate.....	35
Gambar 6. Termometer	35
Gambar 7. Labu Leher Tiga.....	36
Gambar 8. Pengaduk Magnetik dan Manual.....	36
Gambar 9. kondensor	37
Gambar 10. Corong Pisah	37
Gambar 11. Timbangan dan Gelas Ukur	38
Gambar 12. Wadah Penyimpanan.....	38
Gambar 13. Rangkaian Alat Esterifikasi dan Transesterifikasi (Ihsan & Adi, 2017).....	39
Gambar 14. piknometer	39
Gambar 15. Viskometer Oswald.....	40
Gambar 16. Buret.....	40
Gambar 17. Bomb Calorimeter.....	41
Gambar 18. Minyak Jelantah	41
Gambar 19. Metanol	42
Gambar 20. Kalium Hidroksida (KOH).....	42
Gambar 21. Asam Sulfat.....	43
Gambar 22. Aquadest.....	43
Gambar 23. Asam Asetat 5%.....	44
Gambar 24. Larutan KOH 0,1 N.....	44
Gambar 25. Indikator PP.....	45
Gambar 26. Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 27. Hasil pengendapan minyak jelantah	47
Gambar 28. Penyaringan kasar minyak jelantah.....	48
Gambar 29. Pemanasan awal minyak jelantah	48
Gambar 30. Penyaringan halus minyak jelantah.....	49
Gambar 31. Larutan Esterifikasi	49
Gambar 32. Pencampuran larutan esterifikasi ke dalam minyak jelantah	50

Gambar 33. Pengadukan dan pemanasan (esterifikasi)	50
Gambar 34. Pengendapan dan pemisahan hasil esterifikasi	51
Gambar 35. Pengadukan dan pemanasan minyak hasil esterifikasi	51
Gambar 36. Pembuatan larutan metoksida	52
Gambar 37. pencampuran larutan metoksida.....	52
Gambar 38. pengadukan dan pemanasan (Transesterifikasi)	53
Gambar 39 Pendinginan dan pemisahan hasil transesterifikasi	53
Gambar 40. pencucian biodiesel 5% asam asetat	54
Gambar 41. Pencucian biodiesel (aquadest)	54
Gambar 42. Pemanasan biodiesel hasil pencucian	55
Gambar 43. hasil akhir biodiesel	55
Gambar 44. Pengujian bilangan asam biodiesel	56
Gambar 45 Pengujian densitas biodiesel	57
Gambar 46. Pengujian viskositas biodiesel	57
Gambar 47. pengujian nilai kalor biodiesel	58
Gambar 48. perhitungan rendemen.....	59
Gambar 49. Grafik Hasil Uji Bilangan Asam.....	81
Gambar 50. Grafik Hasil Uji Densitas	84
Gambar 51. Grafik Hasil Uji Viskositas	86
Gambar 52. Grafik Hasil Uji Rendemen.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Teknis dan Metode Uji Mutu Biodiesel	10
Tabel 2. Perbandingan analisis minyak jelantah dan biodiesel.....	13
Tabel 3. Kandungan asam lemak pada minyak jelantah	15
Tabel 4. Perbandingan Kandungan CPO dan UCO	15
Tabel 5. Perbandingan Katalis Asam Homogen dan Heterogen.....	19
Tabel 6. Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015	29
Tabel 7. Matriks Pengolahan Data Penelitian	63
Tabel 8. Pengujian Rendemen Biodiesel	64
Tabel 9. Pengujian Nilai Kalor	64
Tabel 10. Data Hasil Pengujian Kualitas Biodiesel	79
Tabel 11. Data Hasil pengujian Rendemen Biodiesel.....	80
Tabel 12. Data Hasil Pengujian Nilai Kalor	80
Tabel 13. Perbandingan hasil uji dengan kisaran nilai kalor standar	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian	102
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	104
Lampiran 3. Surat Izin Penelitian	105
Lampiran 4. Laporan Hasil Uji Nilai Kalor	106
Lampiran 5. Konsultasi Bimbingan	107

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanfaatan bahan bakar berkelanjutan menjadi prioritas diberbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil tidak hanya mempercepat penurunan cadangan minyak dunia tetapi juga menyebabkan dampak lingkungan, seperti polusi udara dan emisi gas rumah kaca. Sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar dunia, Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan biodiesel berbasis minyak nabati. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia telah mengimplementasikan program mandatori biodiesel sejak 2008, program ini dimulai dengan kadar campuran 2,5%, dan secara bertahap meningkat hingga mencapai B35 pada 2023, dengan target peningkatan ke B40 pada 2025 untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (Dewan Energi Nasional, 2020). Program ini didukung oleh Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015, yang mengatur peningkatan penggunaan biodiesel secara bertahap dalam sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik (Dewan Energi Nasional, 2020). Untuk mendukung keberlanjutan program ini, diperlukan pengembangan bahan baku biodiesel yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan minyak jelantah sebagai alternatif dalam produksi biodiesel.

Minyak jelantah atau *used cooking oil* (UCO) merupakan limbah minyak goreng bekas yang dihasilkan dari rumah tangga dan industri makanan. Menurut *Traction Energi Asia* potensi ketersediaan *used cooking oil* (UCO) dari rumah tangga dan unit bisnis skala makro mencapai 1,2 juta kiloliter per tahun. Hal ini disebabkan tingginya konsumsi minyak goreng di Indonesia untuk kebutuhan

sehari-hari. Saat ini, minyak jelantah sering dibuang sembarangan atau digunakan kembali untuk memasak, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan. Sebagai limbah yang melimpah, minyak jelantah memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi berbagai produk bernilai guna, seperti sabun dan lilin (Kenarni, 2023). Selain digunakan untuk pembuatan sabun dan lilin, minyak jelantah berpotensi sebagai bahan baku biodiesel, yaitu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Biodiesel dari minyak jelantah memiliki keunggulan ekonomis dibandingkan minyak nabati lainnya, memiliki angka setana yang tinggi, sifat pelumas yang baik, serta lebih ramah lingkungan dengan emisi karbon yang rendah.

Meskipun minyak jelantah memiliki potensi besar sebagai bahan baku biodiesel, proses konversinya menghadapi beberapa tantangan. Salah satu permasalahan utama adalah tingginya kandungan asam lemak bebas (Free Fatty Acid / FFA) dalam minyak jelantah (Mukminin et al., 2022). Kandungan FFA yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan sabun selama proses transesterifikasi, yang dapat menurunkan efisiensi produksi biodiesel (Reaksi, 2013). Hal ini diperkuat oleh penelitian Kenarni (2023), yang menyatakan bahwa kadar FFA minyak di atas 1% akan menurunkan tingkat rendemen biodiesel yang dihasilkan dan meningkatkan pembentukan sabun, sehingga pemisahan sabun dan gliserol menjadi sulit. Oleh sebab itu, sebelum dilakukan transesterifikasi, diperlukan tahap esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA dan meningkatkan kualitas biodiesel.

Biodiesel sendiri dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol, biasanya metanol atau etanol, dengan bantuan katalis (Ulukardesler, 2023). Sebagai bahan bakar terbarukan biodiesel

memiliki sifat biodegradable dan tidak beracun, serta berasal dari minyak nabati atau hewani (Ikhsan & Nizar, 2020). Namun, untuk memastikan kualitas biodiesel yang optimal, terutama ketika menggunakan minyak jelantah sebagai bahan baku, diperlukan tahap esterifikasi terlebih dahulu guna menurunkan kandungan FFA yang tinggi.

Untuk mengatasi tingginya kandungan FFA dalam minyak jelantah, diperlukan proses esterifikasi menggunakan katalis asam. Menurut Efendi et al. (2018), Katalis asam yang sering digunakan dalam proses esterifikasi meliputi asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), dan asam organik lainnya. Selain katalis asam homogen seperti asam sulfat dan asam klorida, penelitian terkini juga mengembangkan penggunaan katalis asam heterogen yang lebih ramah lingkungan dan dapat digunakan kembali dalam beberapa siklus reaksi. Beberapa contoh katalis asam heterogen yang telah dikembangkan antara lain zeolit tersulfonasi, resin penukar ion, serta material berbasis karbon yang dimodifikasi dengan gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$), (Ramadhani et al., 2024).

Berbagai penelitian sebelumnya telah banyak membahas efektivitas katalis asam sulfat (H_2SO_4) dalam proses esterifikasi minyak jelantah untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam meningkatkan kualitas biodiesel. Sebagian besar penelitian lebih banyak berfokus pada volume katalis atau waktu pengendapan tetapi kurang mengeksplorasi faktor lain yang dapat meningkatkan efisiensi proses, seperti pengaruh suhu dan waktu reaksi dalam esterifikasi. Menurut penelitian (Adolph, 2016), meneliti esterifikasi minyak kelapa sawit mentah (CPO) menggunakan katalis H_2SO_4 . Dalam penelitian ini, proses esterifikasi dilakukan pada suhu 60°C dengan konsentrasi katalis 1,4% dan waktu reaksi 130 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar FFA dapat

diturunkan dari 10,59% menjadi 2,23% hal ini membuktikan efektivitas H_2SO_4 dalam meningkatkan kualitas minyak. Meskipun penelitian ini menunjukkan efektivitas katalis H_2SO_4 dalam menurunkan kadar FFA, penelitian ini tidak mengeksplorasi pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi. Sedangkan penelitian Megawati et al. (2022) mengoptimalkan penggunaan katalis H_2SO_4 dalam proses esterifikasi minyak jelantah dengan mevariasikan volume katalis sebanyak 6 ml dan 8 ml serta waktu pengendapan selama 12 hingga 25 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada waktu pengendapan 25 jam dengan volume katalis 8 ml, yang mampu menurunkan kadar FFA hingga 39,5%. Tetapi penelitian ini belum mengeksplorasi pengaruh suhu dan waktu reaksi, yang juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi proses esterifikasi.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, belum ada peneliti yang secara khusus meneliti variasi suhu dan waktu reaksi dalam proses esterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel menggunakan katalis H_2SO_4 . Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu dan waktu reaksi terhadap penurunan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam minyak jelantah melalui proses esterifikasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk meningkatkan efisiensi proses produksi biodiesel serta mengoptimalkan pemanfaatan limbah minyak jelantah sebagai bahan baku yang berkelanjutan.

B. Identifikasi Masalah

Adapun latar belakang di atas, maka penulis dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi, sehingga dapat menghambat proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel.
2. Efektifitas proses esterifikasi minyak jelantah sangat bergantung pada katalis asam yang di gunakan serta kondisi operasionalnya.
3. Pemilihan katalis asam yang tepat diperlukan untuk meningkatkan efesiensi konversi minyak jelantah menjadi biodiesel.
4. Belum ada peneliti yang secara khusus meneliti variasi suhu dan waktu reaksi dalam esterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis H_2SO_4

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada proses esterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis asam sulfat H_2SO_4 untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA).
2. Minyak jelantah (*used cooking oil/UCO*) digunakan sabagai bahan baku utama dalam penelitian ini.
3. Penelitian ini dibatasi pada variasi suhu reaksi $50^{\circ}C$, $60^{\circ}C$, dan $70^{\circ}C$ serta waktu reaksi 60, 80, dan 100 menit untuk melihat pengaruhnya terhadap penurunan kadar FFA dan rendemen biodiesel, serta menentukan kondisi reaksi yang paling optimal.

D. Rumusan Masalah

Adapun uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap penurunan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam proses esterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis H_2SO_4 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu reaksi terhadap efisiensi esterifikasi minyak jelantah dalam penurunan kadar FFA?
3. Pada suhu dan waktu reaksi berapa proses esterifikasi memberikan hasil yang paling optimal dalam menurunkan kadar FFA minyak jelantah?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis efektifitas katalis asam H_2SO_4 dalam proses esterifikasi minyak jelantah dalam menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA).
2. Menganalisis pengaruh variasi suhu dan variasi waktu reaksi dalam proses esterifikasi.
3. Menganalisis karakteristik biodiesel yang dihasilkan, seperti densitas, viskositas, angka asam, serta menentukan rendemen biodiesel yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

- Menambah wawasan tentang penggunaan katalis asam dalam proses esterifikasi minyak jelantah untuk biodiesel.
- Memberikan data eksperimental mengenai efektivitas katalis asam dalam menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA).

2. Manfaat Lingkungan

- Mengurangi pencemaran akibat pembuangan minyak jelantah secara sembarangan.
- Mendukung penggunaan biodiesel sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan.

3. Manfaat Ekonomi dan Sosial

- Mendorong pemanfaatan minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif yang bernilai ekonomis.
- Membuka peluang usaha berbasis biodiesel dan mendukung kebijakan energi terbarukan di Indonesia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi suhu (50°C, 60°C, 70°C) dan waktu (60, 80, 100 menit) terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah dengan metode esterifikasi dan transesterifikasi dapat disimpulkan bahwa suhu reaksi dan waktu reaksi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter biodiesel yang dihasilkan, termasuk bilangan asam, densitas, viskositas dan rendemen biodiesel.

Pada parameter bilangan asam (FFA), proses esterifikasi mampu menurunkan kadar FFA dari 14,24% menjadi 0,423–0,846%. Nilai ini sudah berada di bawah batas maksimum 2%, sehingga proses dapat dilanjutkan ke tahap transesterifikasi. Setelah transesterifikasi, kadar FFA semakin menurun hingga berada pada kisaran 0,282–0,564%, yang menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu sesuai SNI 7182:2015. Hasil pengujian densitas menunjukkan nilai berkisar antara 882,73–893,88 kg/m³. Densitas terendah diperoleh pada suhu 50°C dengan waktu 100 menit sebesar 882,73 kg/m³, yang masih berada dalam rentang standar (850–890 kg/m³). Namun, pada suhu tinggi terutama 70°C dengan waktu 100 menit, densitas meningkat hingga melebihi batas standar, yang menandakan adanya pembentukan senyawa berat dalam biodiesel. Pada uji viskositas, nilai yang diperoleh berada pada kisaran 3,007–3,845 cSt. Viskositas optimum tercatat pada suhu 60°C dengan nilai 3,007 cSt, sesuai dengan standar SNI 7182:2015 (2,3–6,0 cSt). Sementara itu, pada suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi, viskositas biodiesel cenderung menurun di bawah batas standar. Rendemen biodiesel yang dihasilkan berada pada kisaran 84,2–90%. Nilai tertinggi dicapai pada suhu 60°C dengan waktu reaksi 80–100

menit, yaitu sebesar 90%. Kondisi ini menunjukkan bahwa suhu 60°C mampu memberikan hasil paling efektif dalam menghasilkan biodiesel dengan jumlah maksimal.

Pada parameter nilai kalor, hasil terbaik diperoleh pada suhu 60°C dengan waktu 60 menit, yaitu 9.524 kcal/kg (39,86 MJ/kg). Nilai ini masih berada dalam kisaran standar mutu biodiesel, yaitu 35–40 MJ/kg, yang menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa suhu reaksi 60°C dan waktu 60 menit merupakan kondisi optimum yang menghasilkan biodiesel dengan kualitas terbaik berdasarkan parameter bilangan asam, densitas, viskositas, rendemen, dan nilai kalor. Biodiesel dari minyak jelantah yang diproduksi pada kondisi ini telah memenuhi sebagian besar kriteria SNI 7182:2015, sehingga berpotensi besar digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan suhu reaksi transesterifikasi pada 60°C dengan waktu reaksi 60–80 menit, karena pada kondisi ini diperoleh biodiesel dengan kualitas terbaik ditinjau dari bilangan asam, densitas, viskositas, rendemen, dan nilai kalor.
2. Perlu dilakukan pengendalian suhu yang ketat agar tidak melebihi suhu 65–70°C, karena suhu tinggi dapat meningkatkan densitas dan FFA kembali, sehingga menurunkan mutu biodiesel.
3. Melakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan variabel lain seperti konsentrasi katalis, perbandingan molar metanol terhadap minyak, serta metode

pemurnian biodiesel untuk mengoptimalkan kualitas dan kuantitas biodiesel yang dihasilkan.

4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji performa biodiesel dari minyak jelantah pada mesin diesel untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi pembakaran, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang.
5. Mendorong pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel di tingkat rumah tangga maupun industri, sebagai upaya nyata untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus mendukung ketersediaan energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, R. (2016). *Penurunan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada Crude Palm Oil (CPO) dengan proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat (penurunan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada Crude Palm Oil (CPO) dengan proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat (H₂SO₄).* d(Oktober), 1–23.
- AhBialangi, N., & Salimi, Yusdza Kmad, H. S. (2016). Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Jurnal Entropi*, 11(2), 204–214.
- Andrifar, M., Goembira, F., Ulfah, M., Putri, R., Yuliarningsih, R., & Aziz, R. (2022). Optimization of sustainable biodiesel production from waste cooking oil using heterogeneous alkali catalyst. *Jurnal Rekayasa Proses*, 16(2), 66.
<https://doi.org/10.22146/jrekpros.74373>
- Aprilian MR, & Purwaningtyas FY. (2024). Pengaruh konsentrasi katalis natrium hidroksida pada pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben. *Jurnal Integrasi Proses Dan Lingkungan*, 2(1), 87–94. <https://journal.umg.ac.id/index.php/jipl>
- Aulia, M. R., Azhari, A., Meriatna, M., Ginting, Z., & Sylvia, N. (2023). Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Bunga Matahari Terhadap Metil Ester dengan Katalis NaOH. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(5), 91.
<https://doi.org/10.29103/cejs.v2i5.8035>
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2012). Pembuatan produk biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(3), 443–448. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i3.115>
- Budiman, A. A., & Samik, S. (2023a). Review Artikel : Produksi Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis. *Unesa Journal of Chemistry*, 12(2), 36–48. <https://doi.org/10.26740/ujc.v12n2.p36-48>
- Budiman, A. A., & Samik, S. (2023b). Review Artikel : Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis. *Unesa Journal of Chemistry*, 12(2), 36–48. <https://doi.org/10.26740/ujc.v12n2.p36-48>
- Budiman, A., Kusumaningtyas, R. D., & Purwono, S. (2009). Second Generation of Biodiesel Production from Indonesian Jatropha Oil by Continuous Reactive Distillation Process.

AJChE, 9(2), 35–48.

- Cheng, Y.-L., Lee, C.-Y., Huang, Y.-L., Buckner, C. A., Lafrenie, R. M., Dénommée, J. A., Caswell, J. M., Want, D. A., Gan, G. G., Leong, Y. C., Bee, P. C., Chin, E., Teh, A. K. H., Picco, S., Villegas, L., Tonelli, F., Merlo, M., Rigau, J., Diaz, D., Masuelli, M., ... Mathijssen, R. H. J. (2016). We are IntechOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists TOP 1 %. *Intech*, 11(tourism), 13. <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- Chouhan, A. P. S., & Sarma, A. K. (2011). Modern heterogeneous catalysts for biodiesel production: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4378–4399. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.112>
- Desiyana, V., Haryanto, A., & Hidayati, S. (2014). Pengaruh Rasio Molar Dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil Dan Gelombang Ultrasonik [Effect of Molar Ratio and Reaction Time on the Yield and Quality of Biodiesel Produced By Ultrasonic-Aided Transesterification of Waste Cooking Oil]. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 49–58.
- Dewan Energi Nasional. (2020). Bauran Energi Nasional 2020. In *Dewan Energi Nasional*.
- Dorado, M. P., Ballesteros, E., Arnal, J. M., Gómez, J., & López, F. J. (2003). Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82(11), 1311–1315. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(03\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00034-6)
- Dorado, M. P., Ballesteros, E., Mittelbach, M., & López, F. J. (2004). Kinetic parameters affecting the alkali-catalyzed transesterification process of used olive oil. *Energy and Fuels*, 18(5), 1457–1462. <https://doi.org/10.1021/ef034088o>
- Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 7182, 402–409.
- Encinar, J. M., González, J. F., & Rodríguez-Reinares, A. (2007). Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization. *Fuel Processing Technology*, 88(5), 513–522. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2007.01.002>
- Fadhillah, G. N., & Sari, D. A. (2023). Produksi Biodiesel Yang Berbahan Baku Kelapa Sawit Dengan Melibatkan Katalis Homogen Dan Heterogen. *Pena: Jurnal Ilmu*

- Pengetahuan Dan Teknologi*, 37(2), 87. <https://doi.org/10.31941/jurnalpena.v37i2.2484>
- Farouk, S. M., Tayeb, A. M., Abdel-Hamid, S. M. S., & Osman, R. M. (2024). Recent advances in transesterification for sustainable biodiesel production, challenges, and prospects: a comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(9), 12722–12747. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32027-4>
- Gumahin, A. C., Galamiton, J. M., Allerite, M. J., Valmorida, R. S., Laranang, J. R. L., Mabayo, V. I. F., Arazo, R. O., & Ido, A. L. (2019). Response surface optimization of biodiesel yield from pre - treated waste oil of rendered pork from a food processing industry. *Bioresources and Bioprocessing*. <https://doi.org/10.1186/s40643-019-0284-2>
- Haneda, M., & Hamada, H. (2016). Comptes Rendus Chimie. *Comptes Rendus - Chimie*, 15(G1), 1–12. <https://doi.org/10.5802/crchim.386>
- Harun dan Muammar Saputra, D. (2015). Analisis Pengujian Nilai Kalor Limbah Padat Kelapa Sawit pada PT.Syaukath Sejahtera untuk Bahan Bakar Boiler. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 3(1), 6–11.
- Heryani, H. (2018). Teknologi Produksi Biodiesel. In *Lambung Mengkurat Universitas Press*.
- Hoang, A. T. (2021). Prediction of the density and viscosity of biodiesel and the influence of biodiesel properties on a diesel engine fuel supply system. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 20(5), 299–311. <https://doi.org/10.1080/20464177.2018.1532734>
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 143–169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>
- Ihsan, M., & Adi, I. (2017). *Laporan Kerja Praktik Laboratorium Penurunan Kadar Ffa (Free Fatty Acid) Pada Proses Esterifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas*.
- Ikhsan, M. H., & Nizar, U. K. (2020). Katalis Asam Padat Berbasis Karbon Tersulfonasi Pada Proses Pembuatan Biodiesel. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 9(1), 51–54.
- Kenarni, N. R. (2023). Pemanfaatan Minyak Jelantah dalam Pembuatan Lilin Aromaterapi. *Jurnal Bina Desa*, 4(3), 343–349. <https://doi.org/10.15294/jbd.v4i3.39225>

- Lestari, L. P., Meriatna, Suryati, Jalaluddin, & Sylvia, N. (2021). Pengaruh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak kepyar. *Chemical Engineering Journal Storage*, 2(Okttober), 64–80.
- Lubis, J., & Mulyati, M. (2019). Pemanfaatan Minyak Jelantah Jadi Sabun Padat. *Jurnal METRIS*, 20(2), 116–120. <https://doi.org/10.25170/metris.v20i2.2424>
- Mahfud. (2018). Perkembangan Bahan Baku & Teknologi Biodiesel. *CV. Putra Media Nusantara, January 2018*, 1–171.
- Mamedov, I., Mamedova, G. A., Javadova, O. N., & Mamedova, Y. V. (2024). Synthesis of biodiesel based on alcohol mixtures. *UNEC Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(1), 70–75. <https://doi.org/10.61640/ujeas.2024.0508>
- Megawati, E., Pratama, A. H., Warsa, I. K., Octavian, A., Putra, P., & Effendi, N. (2022). *Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu esterifikasi pada tahapan proses biodisel*. 28(1), 37–43.
- Meher, L. C., Vidya Sagar, D., & Naik, S. N. (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(3), 248–268. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002>
- Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umoro, W. A., & Islamiati, D. (2022). Analisis Kandungan Biodiesel Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Katalis NaOH Menggunakan GC-MS. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(1), 146–158. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v8i1.1897>
- Nuraeni, N., Yun, Y. F., & Agustini, D. M. (2019). Biodiesel from Waste Cooking Oil using Activate Carbon as Adsorbent and Synthesis of Triacetin using Nitric Acid as Catalyst. *Jurnal Kartika Kimia*, 2(1), 17–22. <https://doi.org/10.26874/jkk.v2i1.26>
- Prihatin, J. Y., Amin, I. S. A. A., Pambudi, S., & Karminto, K. (2023). Pengaruh Viskositas Bbm, Jarak Dan Kecepatan Pemompaan Terhadap Performa Tekanan Hidrolik Injektor Mesin Diesel. *Teknika*, 8(2), 32–38. <https://doi.org/10.52561/teknika.v8i2.289>
- Rahkadima, Y. T., & Putri Abdi. (2016). Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Kalsium Oksida. *Journal of Research and Technology*, 2(1), 44–48. <https://doi.org/10.55732/jrt.v2i1.803>

- Ramadhani, D., Muh, P., & Mardhiyah, I. (2024). *Minyak Jelantah*. 7(2).
- Reaksi, R. T. (2013). *Penurunan Kadar Amoniak*. 11(1), 39–44.
- Rhofita, E. I. (2017). Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel : Kajian Temperatur dan Waktu Reaksi Transesterifikasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, 12(3), 141–150.
- Rinanti, A., Ferianita Fachrul, M., Irvindiaty Hendarawan, D., & Setiati, R. (2022). Penyuluhan dan Pelatihan Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi Lilin dan Sabun di Kelurahan Cisalak, Depok, Jawa Barat. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 2(2), 142–148. <https://doi.org/10.33379/icom.v2i2.1383>
- Sahubawa, L. (2010). Pengaruh Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biodiesel Limbah Minyak Tepung Ikan Sardin. *Zeitschrift Für Naturforschung B*, 37(12), 200–206.
- Santoso, A., Rizky, M., Sumari, S., Ricky Wijaya, A., Retnosari, R., & Roy Asrori, M. (2021). 1-9) 1) Jurusan Kimia, Fakultas MIPA. *Universitas Negeri Malang Jl. Semarang*, 5(1), 65145.
- 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*, 15(2), 188. <https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i02.p09>
- Studi, P., Pengolahan, T., & Kampar, P. (2018). *Penentuan Suhu Reaksi Terbaik Pada Saponifikasi Stearin*. 1(1), 27–29.
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida , Bilangan Asam dan Kadar Air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, Vol 3(2), 77–88.
- Suryatini, K., & Milati, N. (2023). Pemanfaatan Potensi Minyak Goreng Bekas (Jelantah) sebagai Biodiesel. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 12(1), 54–62.
- Ullah, Z., Bustam, M. A., & Man, Z. (2014). Characterization of Waste Palm Cooking Oil for Biodiesel Production. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(2), 134–137. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2014.v5.366>

- Ulukardesler, A. H. (2023). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Different Types of Catalysts. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11072035>
- Van Gerpen, J. (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1097–1107. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.005>
- Wahyudi, B., Rizki, T., & Wahyu P., R. (2020). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah degan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Brotohardjono XVI, September*, A.3-1-A.3-7.
- Yuliani et al. (2008). Pengaruh Katalis Asam Sulfat dan Suhu Reaksi pada Esterifikasi Minyak Biji Karet (*Hevea brasiliensi*) menjadi biodiesel. *Chemical Enggineering Journal*, 3(1).