

**PENGARUH PENAMBAHAN KOSOLVEN DIETIL
ETER TERHADAP RENDEMEN BIODESEL DARI
MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN
KATALIS HETEROGEN K_2O /ARANG AKTIF**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Ervina Aprilia Hapsari
21106030027**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1807/U.n.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Penambahan Kosolven Dietil Eter Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Heterogen K₂O/Arang Aktif

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ERVINA APRILIA HAPSARI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030027
Telah diujikan pada : Senin, 11 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

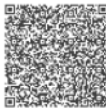
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a54db7b683f



Penguji I

Khamidinal, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 68a54c2b5e374



Penguji II

Priyagung Dheni Widiakongko, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 689ad26c79986



Yogyakarta, 11 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a5683d551df

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

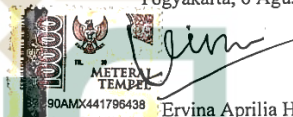
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ervina Aprilia Hapsari
NIM : 21106030027
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Kosolven Dietil Eter Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Heterogen K_2O /Arang Aktif” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Agustus 2025


METERAL TEMPEL
90AMX441796438
Ervina Aprilia Hapsari
21106030027

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Ervina Aprilia Hapsari
NIM : 21106030027
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Kosolven Dietil Eter Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Heterogen K_2O /Arang Aktif

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 6 Agustus 2025

Pembimbing

Sudarlin, M.Si.

NIP: 19850611 201503 1 002

MOTTO

“Maka ingatlah kepada-Ku, Aku pun akan ingat kepadamu. Bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu ingkar kepada-Ku. Wahai orang-orang yang beriman! Mohonlah pertolongan dengan sabar dan shalat. Sungguh, Allah beserta orang-orang yang sabar”

Q.S. Al-Baqarah:2 Ayat 152-153

“Dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangkanya. Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkannya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah mengadakan ketentuan bagi setiap sesuatu”

Q.S. At-Talaq:65 Ayat 3

Segalanya telah diatur oleh Allah SWT sebagaimana mestinya, tugas kita adalah menerimanya dengan terus berusaha, berdoa, bersabar, dan bertawakal.

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta sholawat dan salam kepada baginda Rasulullah SAW, karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua saya, Bapak Sumaryono dan Ibu Peni
Amperawati

Kakak saya, Merlina Winda Septianti

Saya sendiri, Ervina Aprilia Hapsari

Serta untuk almamater tercinta, Program Studi Kimia
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Terima kasih atas seluruh dukungan materi, ilmu, dan nasihat yang selalu diberikan, serta doa yang selalu dipanjatkan



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'Alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Kosolven Dietil Eter Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Heterogen K_2O /Arang Aktif” ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan program Strata Satu (S1) Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang sangat berperan dalam proses yang panjang sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan penuh haru bahagia dan rasa syukur. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si. selaku Kepala Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
4. Bapak Sudarlin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang selalu sabar dan ikhlas meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta doa kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Isni Gustanti, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Kimia yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian.
6. Segenap keluarga tercinta, Bapak Sumaryono, Ibu Peni Amperawati, dan Mbak Merlina Winda Septianti sebagai sumber kekuatan, yang tiada hentinya memberikan doa, dukungan, dan semangat, serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis setiap waktu, bahkan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi.
7. Mbak Yesika, Mbak Jeli, Mbak Fikha, dan Dela selaku teman kos yang sudah penulis anggap seperti keluarga yang selalu menemani, memberikan semangat, dan canda tawa yang menghibur penulis selama perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi.
8. Teti Wulandari dan Elsa Styvani Santoso selaku sahabat yang senantiasa kebersamai, mendukung, bertukar keluh kesah dan kebahagiaan, serta menemani penulis di saat sedih maupun senang dalam menjalani perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
9. Irlesta Rahma Lani, Rania Eka Cahyarany, dan Triani Afifatul Bariroh selaku teman belajar dari awal hingga akhir semester yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
10. Nia, Sofia, Fatma, Endah, dan Lutfita selaku teman grup Kompu Jaya yang telah memberikan canda tawa selama perkuliahan dan selalu saling mendukung dalam proses penyusunan skripsi. Dina, Oyan, dan Ridwan, yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian di laboratorium.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas doa dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis

mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang kimia.

Yogyakarta, 6 Agustus 2025

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	6
C. Rumusan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
A. Tinjauan Pustaka.....	9
B. Landasan Teori.....	15
1. Biodiesel.....	15
2. Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi	18
3. Minyak Kelapa Sawit	20
4. Pengujian Karakteristik Minyak	22
5. Kosolven Dietil Eter	22
6. Katalis Heterogen	24
7. Arang Aktif	26
8. Metode Impregnasi.....	28
9. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	29
10. XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>).....	31
11. GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometer</i>).....	32
C. Hipotesis Penelitian	35

BAB III METODE PENELITIAN.....	40
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	40
B. Alat-alat Penelitian	40
C. Bahan Penelitian	41
D. Prosedur Kerja	41
1. Uji Kadar Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Kelapa Sawit	41
2. Sintesis Katalis Arang Aktif Impregnasi KOH (K ₂ O/Arang Aktif)	41
3. Analisis Katalis dengan XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	42
4. Analisis Katalis dengan XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>).....	43
5. Sintesis Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit.....	43
6. Proses Pencucian Biodiesel (<i>Water Washing</i>).....	45
7. Analisis Biodiesel dengan GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometer</i>)	45
8. Uji Titik Nyala Biodiesel	46
9. Penentuan Rendemen Biodiesel	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
A. Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas/ <i>Free Fatty Acid</i> (%FFA) Minyak Kelapa Sawit.....	48
B. Sintesis Katalis Heterogen K ₂ O/Arang Aktif.....	50
C. Karakterisasi Katalis Heterogen K ₂ O/Arang Aktif Menggunakan Instrumen XRD.....	55
D. Karakterisasi Katalis Heterogen K ₂ O/Arang Aktif Menggunakan Instrumen XRF	57
E. Sintesis Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit	59
F. Rendemen Biodiesel Tanpa Kosolven DEE dan Biodiesel dengan Kosolven DEE	67
G. Pengujian Titik Nyala Biodiesel	68
H. Karakterisasi Biodiesel Menggunakan Instrumen GC-MS.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	82
A. Kesimpulan	82
B. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Esterifikasi	19
Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi	20
Gambar 2.3 Struktur Dietil Eter	24
Gambar 4.1 Difraktogram Katalis K_2O /Arang Aktif	55
Gambar 4.2 Dua Lapisan pada Biodiesel Tanpa Kosolven ..	63
Gambar 4.3 Dua Lapisan pada Biodiesel dengan Kosolven DEE	67
Gambar 4.4 Kromatogram Biodiesel Tanpa Kosolven DEE	71
Gambar 4.5 Spektrum Massa Puncak Ketujuh Biodiesel Tanpa Kosolven DEE	73
Gambar 4.6 Spektrum Massa Puncak Kesepuluh Biodiesel Tanpa Kosolven DEE	74
Gambar 4.7 Kromatogram Biodiesel dengan Kosolven DEE	74
Gambar 4.8 Spektrum Massa Puncak Pertama Biodiesel dengan Kosolven DEE	75
Gambar 4.9 Spektrum Massa Puncak Kedua Kedua dengan Kosolven DEE	77
Gambar 4.10 Spektrum Massa Puncak Ketiga Biodiesel dengan Kosolven DEE	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Mutu Biodiesel SNI 7182:2015	16
Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit ...	21
Tabel 4.1 Hasil Uji XRF Komposisi Katalis K_2O /Arang Aktif	58
Tabel 4.2 Rendemen Biodiesel	68
Tabel 4.3 Hasil Uji Nyala Biodiesel	69
Tabel 4.4 Komposisi Senyawa Metil Ester Biodiesel Tanpa Kosolven DEE	72
Tabel 4.5 Komposisi Senyawa Metil Ester Biodiesel dengan Kosolven DEE	75
Tabel 4.6 Komposisi Senyawa Non-Metil Ester Biodiesel dengan Kosolven DEE	76



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan.....	96
Lampiran 2. Gambar Sintesis Katalis K_2O /Arang Aktif.....	100
Lampiran 3. Gambar Sintesis Biodiesel	101
Lampiran 4. Gambar Uji Nyala Biodiesel	102
Lampiran 5. Hasil Uji XRD Katalis K_2O /Arang Aktif	102
Lampiran 6. Hasil Uji XRF Katalis K_2O /Arang Aktif.....	103
Lampiran 7. Hasil Uji GC-MS Biodiesel Tanpa Kosolven DEE	103
Lampiran 8. Hasil Uji-GC-MS Biodiesel dengan Kosolven DEE	105



ABSTRAK

Pengaruh Penambahan Kosolven Dietil Eter Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Heterogen K_2O /Arang Aktif

Oleh: Ervina Aprilia Hapsari

Pembimbing: Sudarlin, M.Si.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis katalis K_2O /arang aktif serta mengkaji pengaruh penambahan kosolven dietil eter (DEE) terhadap rendemen biodiesel dari minyak kelapa sawit. Sintesis katalis heterogen K_2O /arang aktif dilakukan melalui proses impregnasi KOH. Hasil pengujian XRD katalis K_2O /arang aktif menunjukkan bahwa puncak K_2O berhasil terbentuk pada sudut 2θ : $23,69^\circ$; $26,82^\circ$; $29,57^\circ$; $33,20^\circ$; dan $40,42^\circ$. Hasil pengujian XRF menunjukkan senyawa K_2O terbentuk dengan konsentrasi 66,77%. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan rasio molar minyak:metanol 1:6 dan konsentrasi katalis 3% (b/b), baik tanpa maupun dengan penambahan kosolven DEE (0,7:1 terhadap metanol). Hasil rendemen biodiesel meningkat dari 67,31% menjadi 79,26% dengan kosolven DEE. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa meskipun rendemen biodiesel dengan kosolven DEE secara massa lebih tinggi, kandungan FAME yang terbentuk hanya sebesar 14% karena sebagian senyawa non-FAME bercampur homogen dengan senyawa FAME. Kosolven DEE menyebabkan gliserol tidak terpisah sempurna dari FAME yang dihasilkan. Uji titik nyala biodiesel dengan kosolven DEE menunjukkan titik nyala api $>150^\circ C$ karena keberadaan senyawa non-FAME, seperti gliserol.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Kelapa Sawit, Katalis K_2O /Arang Aktif, Impregnasi, Kosolven, Dietil Eter

ABSTRACT

The Effect of Diethyl Ether Co-Solvent Addition on Biodiesel Yield from Palm Oil Using K₂O/Activated Carbon Heterogeneous Catalyst

By: Ervina Aprilia Hapsari

Supervisor: Sudarlin, M.Si.

This study aims to synthesize K₂O/activated carbon catalysts and examine the effect of adding diethyl ether (DEE) cosolvent on the biodiesel yield from palm oil. The synthesis of the K₂O/activated carbon heterogeneous catalyst was carried out through a KOH impregnation process. XRD testing of the K₂O/activated carbon catalyst showed that K₂O peaks were successfully formed at angles of 2 θ : 23.69°, 26.82°, 29.57°, 33.20°, and 40.42°. XRF testing results showed that K₂O compounds were formed at a concentration of 66.77%. The transesterification reaction was carried out with a molar ratio of oil:methanol of 1:6 and a catalyst concentration of 3% (w/w), both without and with the addition of DEE cosolvent (0.7:1 relative to methanol). The biodiesel yield increased from 67.31% to 79.26% with the DEE cosolvent. GC-MS analysis showed that although the biodiesel yield with the DEE cosolvent was higher by mass, the FAME content formed was only 14% because some non-FAME compounds mixed homogeneously with the FAME compounds. The DEE cosolvent caused glycerol to not separate completely from the FAME produced. The flash point test of biodiesel with the DEE cosolvent showed a flash point >150°C due to the presence of non-FAME compounds, such as glycerol.

Keywords: Biodiesel, Palm Oil, K₂O/Activated Carbon Catalyst, Impregnation, Co-Solvent, Diethyl Ether

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar untuk menggantikan bahan bakar fosil (Daryono & Mustiadi, 2022). Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil dapat menyebabkan semakin menipisnya cadangan energi di dunia. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca, pencemaran udara, dan perubahan iklim. Penggunaan biodiesel dapat meminimalisir kerusakan lingkungan akibat hujan asam. Hal ini karena biodiesel tidak mengandung sulfur, memiliki viskositas yang tinggi, dan memiliki *cetane number*, serta *flash point* yang tinggi (Anggraini & Fitriani, 2018). Selain itu, pembakaran biodiesel menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan dengan emisi bahan bakar konvensional (Janajreh et al., 2015).

Produksi biodiesel dapat menggunakan minyak nabati sebagai bahan baku utama (Fajar et al., 2023). Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pengembangan biodiesel karena kekayaan sumber daya alamnya yang melimpah, terutama dalam sektor perkebunan kelapa sawit. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu minyak nabati yang

mengandung trigliserida dan tersusun dari berbagai asam lemak, seperti asam palmitat, asam oleat, dan asam linoleat (Kusyanto & Hasmara, 2017). Kandungan trigliserida tersebut memungkinkan minyak kelapa sawit untuk diubah menjadi senyawa biodiesel dan gliserol sebagai produk samping dengan cara reaksi esterifikasi atau transesterifikasi. Penelitian Puspitaningati et al., (2013) menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel dengan rendemen sebesar 97,19%. Reaksi esterifikasi digunakan untuk mengonversi asam lemak bebas menjadi ester dengan bantuan alkohol dan katalis asam, sedangkan reaksi transesterifikasi adalah proses mengonversi trigliserida pada minyak menjadi metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping dengan bantuan alkohol dan katalis basa.

Meskipun minyak kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai bahan baku, proses produksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi memiliki beberapa kelemahan yang dapat mempengaruhi efisiensi dan rendemen hasil. Kelemahan ini terutama terkait dengan aspek kinetika reaksi dan transfer massa akibat terbentuknya sistem dua fasa antara minyak yang bersifat non-polar dan alkohol yang bersifat polar. Pada sistem dua fasa, kontak antar reaktan terbatas sehingga laju reaksi menjadi lambat dan dapat berhenti sebelum terkonversi sempurna menjadi biodiesel. Oleh karena

itu, diperlukan solusi atau strategi khusus untuk meningkatkan homogenitas sistem reaksi dan mempercepat laju reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi.

Penambahan kosolven dapat mengubah sistem reaksi dua fase menjadi satu fase. Kosolven dapat meningkatkan kelarutan antara minyak dan alkohol sehingga dapat meningkatkan efisiensi reaksi dan rendemen biodiesel (Hadrach et al., 2018). Penelitian Mahlinda & Djafar, (2016) menunjukkan bahwa penambahan kosolven pada reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dari minyak biji kemiri dapat menghasilkan rendemen maksimum biodiesel sebesar 78,32%. Kriteria kosolven yang baik digunakan sebaiknya tidak mengandung air dan memiliki titik didih yang dekat dengan metanol untuk mempermudah pemisahan di akhir reaksi, seperti dietil eter.

Kosolven dietil eter banyak digunakan dalam pembuatan biodiesel dari beberapa jenis minyak nabati karena memiliki titik didih yang rendah sehingga dapat dihilangkan dan digunakan kembali. Penelitian Fadhil et al., (2020) menunjukkan bahwa pembuatan biodiesel dari minyak lobak dengan penambahan kosolven dietil eter dapat menghasilkan rendemen biodiesel sebesar 92,33%. Penelitian yang dilakukan Guan et al., (2009) juga menunjukkan bahwa penambahan kosolven dietil eter menggunakan katalis homogen KOH dapat mengubah sistem dua fase antara minyak

dan metanol menjadi satu fase homogen. Hasil menunjukkan bahwa konversi minyak bunga matahari yang mencapai 80,3%. Penelitian yang dilakukan Wu et al., (2016) juga menunjukkan bahwa kosolven dietil eter menggunakan katalis homogen NaOH dapat digunakan untuk meningkatkan kelarutan antara minyak dan metanol pada pembuatan biodiesel dari minyak kedelai. Dietil eter sebagai kosolven terbukti dapat meningkatkan perpindahan massa antara fase-fase yang ada dalam reaksi transesterifikasi sehingga hasil FAME yang lebih tinggi dapat dicapai dalam waktu reaksi yang singkat, yaitu sebesar 98,35%.

Selain penambahan kosolven, pemilihan katalis juga berperan penting dalam pembuatan biodiesel untuk mempercepat reaksi yang terjadi. Penggunaan katalis homogen memiliki keterbatasan dalam hal stabilitas dan efisiensi reaksi. Katalis homogen sulit dipisahkan dari produk yang diperoleh. Selain itu, penggunaan katalis homogen dapat menghasilkan limbah cair dalam skala besar dan dapat menyebabkan terbentuknya sabun. Sementara itu, katalis heterogen memiliki sifat yang stabil, dapat digunakan secara berulang, dan dapat meningkatkan efisiensi reaksi, serta dapat mendukung teknologi hijau dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan (Husin et al., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan pengembangan dan penggunaan katalis heterogen, seperti K_2O /arang aktif.

Penelitian Istadi et al., (2015), menunjukkan keberhasilan penggunaan katalis K_2O untuk reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel. Senyawa K_2O memiliki aktivitas katalitik yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai katalis heterogen dan dapat meningkatkan luas permukaan spesifik sistem katalis tersebut (Herlina et al., 2022). Akan tetapi, K_2O sebagai katalis tidak stabil dengan sendirinya sehingga perlu didukung pada bahan padatan pengemban, seperti arang aktif. Aktivitas katalitik dari katalis heterogen dengan bahan padatan pengemban memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan katalis yang tidak memiliki bahan padatan pengemban. Hal ini karena bahan padatan pengemban seperti arang aktif dapat menjaga kestabilan katalis, meningkatkan distribusi situs aktif, dan memperbesar luas permukaan kontak antara reaktan dan katalis sehingga proses konversi trigliserida menjadi metil ester berlangsung lebih efektif dan efisien (Taslim et al., 2018).

Arang aktif dapat digunakan sebagai bahan pengemban katalis karena porositasnya tinggi dan memiliki stabilitas panas yang tinggi. Namun, arang aktif sendiri tidak dapat digunakan secara langsung sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel karena memiliki sifat kebasaan yang rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pada arang aktif, salah satunya impregnasi dengan KOH agar memiliki sifat basa (Pramito et al., 2023). Penelitian Zamhari et al., (2021)

berhasil melakukan modifikasi pada arang aktif menggunakan senyawa basa KOH dan digunakan sebagai katalis pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Arang aktif diimpregnasi larutan KOH dengan konsentrasi 5 N pada suhu 30°C selama 21 jam. Reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis 3% pada suhu 55°C dan diperoleh rendemen biodiesel sebesar 89,72%.

Berdasarkan uraian di atas, maka kebaharuan dalam penelitian ini adalah penambahan kosolven dietil eter dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis heterogen termodifikasi K_2O /arang aktif. Kedua pendekatan tersebut diharapkan dapat saling melengkapi dalam mengoptimalkan proses sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit. Kosolven yang digunakan adalah dietil eter karena memiliki titik didih yang rendah. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kosolven dietil eter dan efektifitas penggunaan katalis heterogen K_2O /arang aktif terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan.

B. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas, maka dalam penelitian ini penulis menekankan:

1. Minyak yang digunakan pada penelitian ini merupakan minyak kelapa sawit sebagai minyak goreng komersial yang belum pernah digunakan.

2. Pembuatan katalis heterogen K_2O /arang aktif dalam penelitian ini menggunakan metode impregnasi (Zamhari et al., 2021).
3. Arang aktif yang digunakan pada penelitian ini merupakan arang komersial yang telah teraktivasi (Zamhari et al., 2021).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka dapat dirumuskan rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Apakah katalis heterogen K_2O /arang aktif dapat disintesis melalui proses impregnasi KOH berdasarkan data *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kosolven dietil eter (DEE) terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel hasil transesterifikasi minyak kelapa sawit menggunakan katalis heterogen K_2O /arang aktif berdasarkan data GC-MS?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mensintesis katalis heterogen K_2O /arang aktif dengan metode impregnasi dan mengkaraktisasinya

menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

2. Menentukan pengaruh penambahan kosolven dietil eter (DEE) terhadap rendemen biodiesel hasil transesterifikasi minyak kelapa sawit menggunakan katalis heterogen K_2O /arang aktif berdasarkan data GC-MS.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bahwa minyak kelapa sawit sebagai minyak goreng komersial dapat diolah menjadi biodiesel sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan.
2. Meminimalisir adanya limbah katalis homogen dengan penggunaan katalis heterogen termodifikasi dalam pembuatan biodiesel.
3. Sebagai acuan penelitian lebih lanjut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sintesis katalis heterogen K_2O /arang aktif berhasil dilakukan menggunakan metode impregnasi menggunakan KOH. Hal ini dibuktikan dengan hasil karakterisasi katalis menggunakan instrumen XRD yang menghasilkan puncak difraksi pada sudut 2θ : $23,69^\circ$; $26,82^\circ$; $29,57^\circ$; $33,20^\circ$; dan $40,42^\circ$ yang mengindikasikan terbentuknya senyawa K_2O . Hasil karakterisasi katalis heterogen K_2O /arang aktif menggunakan instrumen XRF juga membuktikan bahwa senyawa K_2O terbentuk dengan konsentrasi 66,77%.
2. Penambahan kosolven dietil eter pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis heterogen K_2O /arang aktif tidak memberikan pengaruh positif terhadap rendemen biodiesel secara nyata. Meskipun massa produk tampak lebih besar, hasil tersebut tidak mencerminkan peningkatan konversi metil ester karena kandungan FAME yang terdeteksi hanya sebesar 14% yang disebabkan sebagian besar senyawa non-FAME, seperti gliserol bercampur homogen dengan

senyawa FAME. Kosolven DEE menyebabkan gliserol tidak terpisah secara sempurna dari FAME yang dihasilkan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlu mengkaji ulang bagaimana cara agar produk samping gliserol hasil dari reaksi transesterifikasi tidak larut ke dalam metil ester sehingga dapat meningkatkan konversi metil ester ataupun rendemen pada biodiesel dengan penambahan kosolven dietil eter. Selanjutnya saat proses sintesis biodiesel, perlu dilakukan variasi perbandingan molar penambahan kosolven dietil eter terhadap metanol serta variasi konsentrasi katalis untuk dapat mengetahui kondisi optimum dalam meningkatkan konversi metil ester ataupun rendemen biodiesel yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan penambahan parameter pengujian pada biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Juahir, H., Khatoon, H., & Endut, A. (2017). A Review of Biomass-Derived Heterogeneous Catalyst for A Sustainable Biodiesel Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1040–1051. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.008>
- Ainayya, Q. (2023). *Impregnasi Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Gas H₂S pada Area Eksplorasi Panas Bumi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Alabadi, A., Razzaque, S., Yang, Y., Chen, S., & Tan, B. (2015). Highly Porous Activated Carbon Materials from Carbonized Biomass with High CO₂ Capturing Capacity. *Chemical Engineering Journal*, 281, 606–612.
- Alamsyah, R., Lubis, E. H., & Siregar, N. C. (2011). Esterifikasi-Transesterifikasi dan Karakterisasi Mutu Biodiesel dari Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn). *Jurnal Kimia Kemasan*, 33(1), 124–130.
- Alimin, Maryono, & Putri, S. E. (2016). Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Losari Kota Makassar Menggunakan XRF dan XRD. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 17(2), 19–23.
- Anggraini, T. M., & Fitriani, N. (2018). Limbah Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(1), 13–19. <https://doi.org/10.36055/jip.v7i1.2775>
- Aprilia, S. A., Wonorahardjo, S., & Utomo, Y. (2023). Analysis of Flavor in Roasted Coffee Using Temperature

Programmable Injection (TPI) at GC/MS Method. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 4(1), 46–53. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol4.iss1.art6>

Arita, S., Rifqi, M., Nugroho, T., Agustina, T. E., & Hadiah, F. (2020). Pembuatan Biodiesel dari Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Variasi Katalis Asam Sulfat pada Proses Esterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 1–11.

Arsad, E., & Hamdi, S. (2010). Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif untuk Industri. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(2), 43–51.

Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* . L) Pada Zat Warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 52–63.

Azzahro, U. L., & Broto, W. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis CAO pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(6), 499–507. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i6.110>

Berghuis, N. T., Tamako, P. D., & Supriadin, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Biji Alpukat (*Persea americana*) sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Al-Kimiya*, 6(1), 36–45. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i1.4597>

Boocock, D. G. B., Konar, S. K., Mao, V., Lee, C., & Buligan, S. (1998). Fast Formation of High-Purity Methyl Esters from Vegetable Oils. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(9), 1167–1172. <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0130-8>

Cahaya, R. A. D., HC, F., & Zamhari, M. (2022). Sintesis Katalis Karbon Aktif Cangkang Biji Karet Diimpregnasi

CaO dan KOH untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Kinetika*, 13(2), 42–46.

- Ciptawati, E., Dzikrulloh, M. H. A., Septiani, M. O., Rinata, V., Rokhim, D. A., Fauziyyah, N. A., & Sribuana, D. (2022). Analisis Kandungan Mineral dari Lumpur Panas Sidoarjo sebagai Potensi Sumber Silika dan Arah Pemanfaatannya. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 5(1), 18–28. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol5.iss1.art3>
- Darlita, R. R., Joy, B., & Sudirja, R. (2017). Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah Terhadap Peningkatan Produksi Kelapa Sawit pada Tanah Pasir di Perkebunan Kelapa Sawit Selangkun. *Jurnal Agrikultura*, 28(1), 15–20.
- Daryono, E. D. (2020). Proses Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel dengan Co-solvent Metil Ester. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 1–8.
- Daryono, E. D., & Mustiadi, L. (2022). Pengaruh Penambahan Co-Solvent Metil Ester dan Waktu Reaksi pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi FAME (Fatty Acid Methyl Esters). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(1), 16–20.
- Daryono, E. D., Rahman, F. F. A., & Zukhriyah. (2022). Penggunaan Metanol Sisa Reaksi Sebagai Reaktan pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel. *Jurnal Teknologi*, 14(2), 155–162.
- Deblas, L. A., Carrillo, J. H., Bautista, F. M., Luna, D., Luna, C., Calero, J., Posadillo, A., Romero, A. A., & Estevez, R. (2020). Diethyl Ether as An Oxygenated Additive for Fossil Diesel/Vegetable Oil Blends: Evaluation of Performance and Emission Quality of Triple Blends on A Diesel Engine. *Energies*, 13(1542), 1–16.

<https://doi.org/10.3390/en13071542>

- Dewi, R., Azhari, & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12–22. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>
- Dewi, T. K., Mahdi, & Novriyansyah, T. (2016). Pengaruh Rasio Reaktan pada Imregnasi dan Suhu Reduksi Terhadap Karakter Katalis Kobalt/Zeolit Alam Aktif. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(3), 9–18.
- Encinar, J. M., Pardal, A., & Sánchez, N. (2016). An Improvement to The Transesterification Process by The Use of Co-Solvents to Produce Biodiesel. *Fuel*, 166, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.10.110>
- Fadhil, A. B., Nayyef, A. W., & Al-Layla, N. M. T. (2020). Biodiesel Production from Nonedible Feedstock, Radish Seed Oil by Cosolvent Method at Room Temperature: Evaluation and Analysis of Biodiesel. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 42(15), 1891–1901. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1604902>
- Fajar, D. R., Baihaqi, M. Y., Maharani, N. N., & Salim, S. (2023). Synthesis of Biodiesel from Avocado Seed Oil Transesterification Method Using Beef Bone Catalyst. *Walisongo Journal of Chemistry*, 6(1), 54–60. <https://doi.org/10.21580/wjc.v6i1.15334>
- Firdaus, L. H., & Wicaksono, A. R. (2013). Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi KI/KIO₃ dan Uji Kinerja Katalis untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(2), 148–154. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki148>Penulispenanggungjawab

- Guan, G., Sakurai, N., & Kusakabe, K. (2009). Synthesis of biodiesel from sunflower oil at room temperature in the presence of various cosolvents. *Chemical Engineering Journal*, 146(2), 302–306. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.10.009>
- Hadrah, Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16–21. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.4>
- Hájek, M., Vávra, A., Mach, P., & Straková, A. (2020). The Use of Cosolvents in Heterogeneously and Homogeneously Catalysed Methanolysis of Oil. *Journal of Environmental Management*, 262, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110295>
- Hastuti, E. (2011). Analisa Difraksi Sinar X TiO₂ Dalam Penyiapan Bahan Sel Surya Tersensitisasi Pewarna. *Jurnal Neutrino*, 4(1), 93–100. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2416>
- Helwani, Z., Amraini, S. Z., Asmura, J., Siregar, T. N., Triwahyuni, V. E., & Abd, A. A. (2023). Palm Frond Waste as a Carbon Source in the Synthesis of CaO/Biochar Catalysts for the Biodiesel Production Process. *Heca Journal of Applied Sciences*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.60084/hjas.v1i1.9>
- Herlina, I., Puspitarum, D. L., Al Qadri, L., & Safitra, E. R. (2022). Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Fraksi Minyak Cpo (Crude Palm Oil) Parit Terkatalisis Zeolit Alam Lampung. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.31942/inteka.v7i1.5631>
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (Bambusa arundinacea) yang Diaktivasi Menggunakan Asam

- Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1), 22–27.
<https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3397>
- Husin, H., Abubakar, A., Ramadhani, S., Sijabat, C. F. B., & Hasfita, F. (2018). Coconut Husk Ash as Heterogenous Catalyst for Biodiesel Production from Cerbera Manghas Seed Oil. *MATEC Web of Conferences*, 197(09008), 2–5.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819709008>
- id.wikipedia.org. (2024). *Dietil eter*. Id.Wikipedia.Org.
https://id.wikipedia.org/wiki/Dietil_eter
- 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.
- Istadi, I., Prasetyo, S. A., & Nugroho, T. S. (2015). Characterization of K₂O/CaO-ZnO Catalyst for Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 394–399.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.056>
- Jamaludin, A., & Adiantoro, D. (2012). Analisis Kerusakan X-Ray Fluorescence (XRF). *Batan*, 5(9–10), 19–28.
<http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/view/1130>
- Janajreh, I., Elsamad, T., Aljaberi, A., & Diouri, M. (2015). Transesterification of Waste Cooking Oil: Kinetic Study and Reactive Flow Analysis. *Energy Procedia*, 75, 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.451>
- Jazuli, M., & Wibowo, A. A. (2020). Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses dan Teknologi Terkini. *Distilat : Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 445–450.
- Khoiriyah, N. (2024). *Perbandingan Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis K₂O/Zeolit*

dan K₂O/Karbon Aktif. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

- Kusuma, R. I., Hadinoto, J. P., Ayucitra, A., Soetaredjo, F. E., & Ismadji, S. (2013). Natural Zeolite from Pacitan Indonesia, as Catalyst Support for Transesterification of Palm Oil. *Applied Clay Science*, 74, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.04.021>
- Kusyanto, & Hasmara, P. A. (2017). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Menjadi Katalis Heterogen Daalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit. *J. Trop. Pharm. Chem*, 4(1), 14–21.
- Lam, M. K., & Lee, K. T. (2010). Accelerating Transesterification Reaction with Biodiesel as Co-Solvent: A Case Study for Solid Acid Sulfated Tin Oxide Catalyst. *Fuel*, 89(12), 3866–3870. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.005>
- Lestari, P. P. (2018). Pengaruh Nanokatalis ZnO/CaO Terhadap Biodiesel dari Minyak Biji Alpukat. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, II(1), 1–8.
- Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). Biodiesel Production: A Review. *Bioresource Technology*, 70(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(99)00025-5)
- Mahlinda, & Djafar, F. (2016). Pengaruh Jenis Co-Solvent terhadap Rendemen dan Mutu Biodiesel secara Transesterifikasi In Situ Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(2), 119–126. <https://doi.org/10.26578/jrti.v10i2.2563>
- Margareta, M. A. H., & Wonorahardjo, S. (2023). Optimasi Metode Penetapan Senyawa Eugenol dalam Minyak Cengkeh Menggunakan Gas Chromatography – Mass Spectrum dengan Variasi Suhu Injeksi. *Jurnal Sains Dan*

- Edukasi Sains*, 6(2), 95–103.
<https://doi.org/10.24246/juses.v6i2p95-103>
- Mat, R., Samsudin, R. A., Mohamed, M., & Johari, A. (2012). Solid Catalysts and Their Application in Biodiesel Production. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 7(2), 142–149.
<https://doi.org/10.9767/bcrec.7.2.3047.142-149>
- Maulana, G. G. R., Agustina, L., & Susi. (2017). Proses Aktivasi Arang Aktif dari Cangkang Kemiri (Aleurites moluccana) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia. *Ziraa'ah*, 42(3), 247–256.
- Miyuranga, K. . V., B.M.C.M, B., Thilakarathne, D., Arachchige, U. S. P. ., Weerasekara, N. A., & Jayasinghe, R. A. (2022). Production of Biodiesel Using Acetone as a Co-Solvent. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 6(2), 52–56. <http://ijses.com/>
- 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>
- Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., & Darminto. (2012). Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20–29.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: X-ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal of Laboratory*, 6(1),

9–16. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i1.78970>

- Niawanti, H. (2020). Review Perkembangan Metode Produksi Dan Teknologi Pemurnian Dalam Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Chemurgy*, 4(1), 27–35. <https://doi.org/10.30872/cmgy.v4i1.4107>
- Ningtyas, D. P., Budhiyanti, S. A., & Sahubawa, L. (2013). Pengaruh Katalis Basa (NaOH) pada Tahap Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin. *Jurnal Teknosains*, 2(2), 103–114.
- Oko, S., & Feri, M. (2019). Pengembangan Katalis CaO Dari Cangkang Telur Ayam Dengan Impregnasi KOH Dan Aplikasinya Terhadap Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jarak. *Jurnal Teknologi*, 11(2), 103–110.
- Permatasari, A., Mayangsari, W., & Gunardi, I. (2013). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L) dengan Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis K₂O/H-Za Berbasis Zeolit Alam. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 290–295.
- Pontoh, J., & Buyung, N. T. N. (2011). Analisa Asam Lemak Dalam Minyak Kelapa Murni (VCO) dengan Dua Peralatan Kromatografi Gas. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 274–281.
- Pramito, A. I. A., Andriani, L., & Zamhari, M. (2023). Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif dari Batubara Lignit Diimpregnasi KOH (Variasi Konsentrasi dan Waktu Impregnasi). *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(12), 2016–2024. <https://doi.org/10.56338/jks.v6i12.4423>
- Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 1–10.

<https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>

- Puspitaningati, S. R., Permatasari, R., & Gunardi, I. (2013). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ -Alumina ($\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) Dalam Reaktor Fluidized Bed. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 193–197.
<https://www.infosawit.com/news/9268/dampak-isu-black-campaign-di-indonesia-terhadap-industri-sawit>
- Putri, N. S., Rahim, A., Patiung, O., & Afasedanja, M. M. T. (2023). Pengujian X-Ray Fluorescence Terhadap Kandungan Mineral Logam Pada Endapan Sedimen di Sungai Amamapare Kabupaten Mimika, Papua Tengah. *Jurnal Teknik AMATA*, 4(1), 6–10.
<https://doi.org/10.55334/jtam.v4i1.104>
- Rachmaniah, O., Baidawi, A., & Latif, I. (2009). Produksi Biodiesel Berkemurnian Tinggi dari Crude Palm Oil (CPO) dengan Tertrahidrofuran-Fast Single-Phase Process. *Reaktor*, 12(3), 166–174. www.fapc.biz
- Setyoprato, P., Purwanto, E., Hartanto, R., & Kristianto, J. (2008). Pengaruh Suhu Reaksi dan Rasio CPO/Metanol terhadap Karakteristik Produk pada Pembuatan Biodiesel dengan Co-solvent Dietil Eter. *Jurnal Ilmu Dasar*, 9(1), 72–77. www.Biodieselstandards_specification.htm
- Silalahi, R. L. R., Sari, D. P., & Dewi, I. A. (2021). Pengujian Free Fatty Acid (FFA) dan Colour untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41–50.
- Singh, V., Yadav, M., & Sharma, Y. C. (2017). Effect of Co-Solvent on Biodiesel Production Using Calcium Aluminium Oxide as a Reusable Catalyst and Waste Vegetable Oil. *Fuel*, 203, 360–369.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.111>

SNI. (2015). *SNI 7182:2015 : Biodiesel*. Badan Standardisasi Nasional.

Sudradjat, R., Anggorowati, & Setiawan, D. (2005). Pembuatan Arang Aktif dari Kayu Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(4), 299–315.

Sumari, Prakasa, Y. F., Asrori, M. R., & Baharintasari, D. R. (2020). Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang Menggunakan XRF dan XRD. *Fullerene Journal of Chemistry*, 5(2), 58–62. <https://doi.org/10.37033/fjc.v5i2.154>

Taslim, Bani, O., Iriany, Aryani, N., & Kaban, G. S. (2018). Preparation of Activated Carbon-Based Catalyst from Candlenut Shell Impregnated with KOH for Biodiesel Production. *Key Engineering Materials*, 777, 262–267. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.777.262>

Trisnaliani, L., Fatria, & Sari, I. M. (2018). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Microwave Hydro Distillation dan Separasi Tegangan Tinggi. *Jurnal Kinetika*, 9(02), 25–30.

Wu, L., Huang, K., Wei, T., Lin, Z., Zou, Y., & Tong, Z. (2016). Process Intensification of NaOH-Catalyzed Transesterification for Biodiesel Production by The Use of Bentonite and Co-Solvent (Diethyl Ether). *Fuel*, 186, 597–604. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.08.106>

Wulandari, F., Erlina, Bintoro, R. A., Budi, E., Umiatin, & Nasbey, H. (2014). Pengaruh Temperatur Pengeringan pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat untuk Penyaringan Air Keruh.

Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal), 3, 289–293.

<http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/5536>

Yuhermita, N., Nazarudin, N., Alfernando, O., Prabasari, I., & Haviz, M. (2024). Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Co-Carbon yang Dihasilkan dengan Metode Ion Exchange. *Jurnal Bio-Geo Material Dan Energi*, 1(1), 1–22.
<https://doi.org/10.22437/bigme.v1i1.12307>

Zaki, M., Husin, H., Alam, P. N., Darmadi, Rosnelly, C. M., & Nurhazanah. (2019). Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta menjadi Biodiesel pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 36–43.
<https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.13495>

Zamhari, M., Junaidi, R., Rachmatika, N., & Oktarina, A. (2021). Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) Diimpregnasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Sintesis Biodiesel. *Jurnal Kinetika*, 12(01), 23–31.
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA