

**STUDI VARIASI MASSA KATALIS MAGNETIK BERBASIS KULIT
PETAI (*Parkia speciosa Hassk*) DAN VARIASI PERBANDINGAN
VOLUME MINYAK-METANOL TERHADAP MUTU BIODIESEL
DARI MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat sarjana S-1
Program Studi Kimia**



Oleh:
Divya Nur Azizah
19106030027

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

2023

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



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-1816/Un.02/DST/PP.00.9/07/2023

Tugas Akhir dengan judul : Studi Variasi Massa Katalis Magnetik Berbasis Kulit Petai (*Parkia speciosa* Hassk) dan Variasi Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DIVYA NUR AZIZAH
Nomor Induk Mahasiswa : 19106030027
Telah diujikan pada : Selasa, 27 Juni 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64c1e5d55884d



Penguji I

Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 64bdf2d79cf44



Penguji II

Gunawan Budi Susilo, M.Eng.
SIGNED

Valid ID: 64a64b599632



Yogyakarta, 27 Juni 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64c2084e14eb4



NOTA DINAS KONSULTASI

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 : Divya Nur Azizah
NIM : 19106030027
Judul Skripsi : STUDI VARIASI MASSA KATALIS MAGNETIK BERBASIS
KULIT PETAI (*Parkia speciosa Hassk*) DAN VARIASI
PERBANDINGAN VOLUME MINYAK-METANOL TERHADAP
MUTU BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 27 Juli 2023
Konsultan


Priyatung Dhemu Widiakongko, M.Sc
NIP. 19900330 201903 1 008



NOTA DINAS KONSULTASI

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 : Divya Nur Azizah

NIM : 19106030027

Judul Skripsi : STUDI VARIASI MASSA KATALIS MAGNETIK BERBASIS KULIT PETAI (*Parkia speciosa Hassk*) DAN VARIASI PERBANDINGAN VOLUME MINYAK-METANOL TERHADAP MUTU BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.


Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Juli 2023

Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gunawan Budi Susilo, M.Eng
NIP. 19860423 201903 1 007

PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



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 : Divya Nur Azizah

NIM : 19106030027

Judul Skripsi : Studi Variasi Massa Katalis Magnetik Berbasis Kulit Petai (*Parkia speciosa Hassk*) dan Variasi Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah

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, 27 Juli 2023

Pembimbing

Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

NIP: 19810627 200604 2 003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Divya Nur Azizah
NIM : 19106030027
Tempat, Tanggal Lahir : Magelang, 30 April 2001
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Variasi Massa Katalis Magnetik Berbasis Kulit Petai (*Parkia speciosa Hassk*) dan Variasi Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana 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, 20 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Divya Nur Azizah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”
Q.S. Al-Insyirah:94 ayat 6-8



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta tidak lupa shalawat dan salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tuaku Bapak Wakijo dan Almarhumah Ibu Lilis Suwarni

Kakak saya dan calon pendamping saya

Dosen Pembimbing Ibu Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

Terima kasih atas seluruh dukungan materi, ilmu dan doa yang selalu kalian panjatkan

Untuk Almamater tercinta

Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri
Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbi* *Alamin* Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi tugas akhir dari awal penelitian hingga penyusunan skripsi yang berjudul “Studi Variasi Massa Katalis Magnetik Berbasis Kulit Petai (*Parkia speciosa Hassk*) dan Variasi Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah” yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Skripsi ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban tertulis atas terlaksananya penelitian tugas akhir sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains bidang kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus penyusun sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
4. Ibu Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Isnii Gustiani, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Kimia yang telah memberikan pengarahan dan masukan selama penelitian.
6. Seluruh Dosen dan staf karyawan di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
7. Seluruh staf dan teman-teman laboratorium kimia UIN Sunan Kalijaga atas saran dan bantuannya.
8. Keluarga tercinta Bapak Wakijo, Almarhumah Ibu Lilis Suwarni, Mas Yudhi, dan Mas Nandha yang senantiasa memberikan dukungan serta doa dan restu hingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik-baiknya.
9. Teman-teman satu bimbingan yang selalu memberikan dukungan, saran, dan menjadi teman diskusi.
10. Keluarga Ekuivalen (Kimia angkatan 2019) yang bersedia memotivasi, memberi masukan dan dukungan selama ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan membantu baik dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan skripsi.

Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Program Studi Kimia. Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan

dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat memperbaiki kembali penulisan laporan ini dan diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 6 April 2023

Penyusun



DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR | ii |
| NOTA DINAS KONSULTASI | iii |
| PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR | v |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... | vi |
| HALAMAN MOTTO | vii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| ABSTRAK..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| B. Batasan Masalah..... | 3 |
| C. Rumusan Masalah | 4 |
| D. Tujuan Penelitian | 5 |
| E. Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 6 |
| A. Tinjauan Pustaka | 6 |
| B. Landasan Teori..... | 9 |
| 1. Biodiesel..... | 9 |
| 2. Minyak Jelantah | 11 |
| 3. Transesterifikasi | 13 |
| 4. Metanol..... | 16 |
| 5. Magnetit (Fe_3O_4) | 17 |
| 6. Metode Kopresipitasi | 19 |
| 7. Petai (<i>Parkia speciosa</i> Hassk)..... | 19 |
| 8. Katalis Fe_3O_4 -PSH | 21 |
| 9. <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)..... | 22 |
| 10. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 11. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) | 24 |
| C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian..... | 25 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 28 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 28 |
| B. Alat-Alat Penelitian..... | 28 |
| C. Bahan Penelitian..... | 28 |
| D. Prosedur Kerja Penelitian..... | 29 |
| E. Analisis Parameter Uji Biodiesel | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 35 |
| A. Katalis Fe ₃ O ₄ -PSH | 35 |
| B. Penentuan Kadar Asam Lemak (FFA) Minyak Jelantah | 40 |
| C. Biodiesel dari Minyak Jelantah..... | 41 |
| D. Pengaruh Massa Katalis Fe ₃ O ₄ -PSH terhadap <i>Yield</i> Biodiesel..... | 46 |
| E. Pengaruh Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap <i>Yield</i> Biodiesel | 47 |
| F. Perbandingan Biodiesel dengan Katalis Fe ₃ O ₄ -PSH dan Katalis KOH | 49 |
| G. Analisis Parameter Biodiesel..... | 51 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 56 |
| A. Kesimpulan | 56 |
| B. Saran..... | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | 58 |
| LAMPIRAN | 64 |

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Spesifikasi biodiesel SNI 7182:2015 | 10 |
| Tabel 2.2. Karakteristik minyak jelantah | 12 |
| Tabel 2.3. Komposisi asam lemak pada minyak jelantah | 13 |
| Tabel 2.4. Sifat-sifat fisika dan kimia metanol | 16 |
| Tabel 4.1. Perbandingan ukuran kristal nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan ekstrak tanaman berbeda..... | 39 |
| Tabel 4.2. Komposisi senyawa metil ester..... | 45 |
| Tabel 4.3. Mutu biodiesel dengan perbandingan volume minyak-metanol | 48 |
| Tabel 4.4. Mutu biodiesel dengan katalis Fe ₃ O ₄ -PSH dan katalis KOH | 51 |
| Tabel 4.5. Data hasil pengujian biodiesel | 51 |
| Tabel 4.6. Data nilai kalor biodiesel | 55 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Reaksi transesterifikasi..... | 13 |
| Gambar 2.2. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa | 14 |
| Gambar 2.3. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis asam | 15 |
| Gambar 4.1. Mekanisme sintesis katalis Fe_3O_4 -PSH..... | 36 |
| Gambar 4.2. Spektra FTIR Fe_3O_4 -PSH..... | 37 |
| Gambar 4.3. Difraktogram Fe_3O_4 -PSH..... | 38 |
| Gambar 4.4. Katalis Fe_3O_4 -PSH menempel pada medan magnet eksternal | 40 |
| Gambar 4.5. Reaksi phenolphthalein dengan NaOH | 41 |
| Gambar 4.6. Mekanisme reaksi esterifikasi dengan katalis asam sulfat | 42 |
| Gambar 4.7. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis Fe_3O_4 -PSH | 43 |
| Gambar 4.8. Kromatogram biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis Fe_3O_4 -PSH | 45 |
| Gambar 4.9. Grafik pengaruh massa katalis Fe_3O_4 -PSH terhadap biodiesel..... | 46 |
| Gambar 4.10. Grafik pengaruh volume minyak-metanol terhadap biodiesel | 48 |
| Gambar 4.11. Grafik <i>yield</i> biodiesel katalis Fe_3O_4 -PSH dan katalis KOH..... | 49 |
| Gambar 4.12. Sabun pada pembuatan biodiesel dengan katalis KOH..... | 50 |
| Gambar 4.13. Reaksi saponifikasi..... | 50 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Perhitungan..... | 64 |
| Lampiran 2. Gambar sintesis katalis Fe ₃ O ₄ -PSH..... | 68 |
| Lampiran 3. Gambar pembuatan biodiesel dari minyak jelantah | 69 |
| Lampiran 4. Gambar pengujian biodiesel | 70 |
| Lampiran 5. Hasil uji nilai kalor biodiesel..... | 71 |
| Lampiran 6. Hasil uji GC-MS biodiesel | 72 |
| Lampiran 7. Hasil uji XRD Fe ₃ O ₄ -PSH..... | 73 |



ABSTRAK

Studi Variasi Massa Katalis Magnetik Berbasis Kulit Petai (*Parkia speciosa Hassk*) dan Variasi Perbandingan Volume Minyak-Metanol terhadap Mutu Biodiesel dari Minyak Jelantah

Oleh : Divya Nur Azizah
Pembimbing : Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

Katalis magnetik berbasis kulit petai (*Parkia speciosa Hassk*) atau Fe₃O₄-PSH digunakan dalam sintesis biodiesel dari minyak jelantah telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkarakterisasi Fe₃O₄-PSH berdasarkan instrumen FTIR dan XRD serta menganalisis mutu biodiesel dengan melakukan variasi massa katalis Fe₃O₄-PSH dan variasi perbandingan volume minyak-metanol berdasarkan SNI 7182:2015. Sintesis katalis Fe₃O₄-PSH dilakukan menggunakan metode kopresipitasi. Karakterisasi Fe₃O₄-PSH menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Sintesis biodiesel dilakukan menggunakan metode batch dengan variasi massa Fe₃O₄-PSH dan perbandingan volume minyak-metanol. Uji kualitas biodiesel yang dilakukan adalah massa jenis, bilangan asam, titik nyala, nilai kalor dan kadar air. Fe₃O₄-PSH berhasil disintesis yang ditunjukkan oleh adanya ikatan inti magnetik Fe-O pada panjang gelombang 572,78 cm⁻¹ berdasarkan instrumen FTIR dan ukuran kristal 14,5 nm berdasarkan instrumen XRD. Penambahan variasi katalis Fe₃O₄-PSH 0,25% dan 0,50% (b/b) dalam pembuatan biodiesel menghasilkan *yield* biodiesel berturut-turut sebesar 89,01% dan 90,26%. Perbandingan volume minyak-metanol 3:1, 6:1, 9:1 dan 12:1 menghasilkan *yield* biodiesel berturut-turut sebesar 92,70%, 89,54%, 89,01% dan 88,04%. Uji kualitas biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi standar SNI 7182:2015 kecuali parameter kadar air. Komposisi senyawa metil ester dalam biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis Fe₃O₄-PSH sebesar 98,71%.

Kata Kunci: Biodiesel, Kulit Petai, Katalis Fe₃O₄-PSH, Minyak Jelantah, Transesterifikasi

ABSTRACT

Study of the Mass Variations of Magnetic Catalyst Based on Peel of Petai (*Parkia speciosa Hassk*) and Variations in the Ratio of Oil-Methanol Volume to the Quality of Biodiesel from Waste Cooking Oil

By: Divya Nur Azizah

Supervisor: Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

A magnetic catalyst based on peel of petai (*Parkia speciosa Hassk*) or Fe_3O_4 -PSH is used in the synthesis of biodiesel from waste cooking oil was carried out. The purpose study was to characterize Fe_3O_4 -PSH based on FTIR and XRD instruments and to analyze the quality of biodiesel by making variations the mass of the Fe_3O_4 -PSH catalyst and variations in the ratio of oil-methanol volume based on SNI 7182:2015. The research was started by synthesizing Fe_3O_4 -PSH using the coprecipitation method. Characterization of Fe_3O_4 -PSH using FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) and XRD (*X-Ray Diffraction*). Biodiesel synthesis using batch method with variations in mass Fe_3O_4 -PSH and volume ratio oil-methanol. Biodiesel quality tests carried out were density, acid number, flash point and water content. Fe_3O_4 -PSH was successfully synthesizes, indicating a Fe-O magnetic core bond on $572,78 \text{ cm}^{-1}$ based on the FTIR and 14,5 nm crystal size based on XRD. The additional Fe_3O_4 -PSH catalyst variations of 0.25% and 0.50% (w/w) resulted in biodiesel yields of 89.01% and 90.26%, respectively. The volume ratio of oil-methanol 3:1, 6:1, 9:1 and 12:1 resulted in biodiesel yields of 92.70%, 89.54%, 89.01% and 88.04%, respectively. The quality test of the biodiesel produced complies with SNI 7182:2015 standards except for the parameter of water content. The composition of the methyl ester in biodiesel from waste cooking oil with a Fe_3O_4 -PSH catalyst is 98,71%.

Keywords: Biodiesel, Peel of Petai, Fe_3O_4 -PSH Catalyst, Waste Cooking Oil, Transesterification

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Minyak bumi merupakan sumber bahan bakar yang banyak digunakan. Seiring peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan tingginya permintaan jumlah pasokan bahan bakar. Penggunaan bahan bakar dalam skala besar menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Jumlah cadangan minyak bumi turun dari 7,73 miliar barel pada 2011 menjadi 3,95 miliar barel pada tahun 2021 (Kementerian ESDM, 2022). Oleh karena itu upaya untuk mengembangkan bahan bakar alternatif dari sumber daya alam terbarukan sebagai pengganti minyak bumi perlu dilakukan. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak nabati maupun lemak hewani melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi (Jaya et al., 2021). Bahan bakar ini ramah lingkungan karena tidak beracun, bebas dari belerang, berbau harum, dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih kecil dibandingkan bahan bakar fosil (Fatimura et al., 2016). Produksi biodiesel yang dikembangkan saat ini menggunakan bahan baku limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Adapun limbah yang digunakan adalah minyak jelantah.

Minyak jelantah atau minyak goreng bekas adalah limbah minyak yang sudah digunakan untuk menggoreng. Menurut Suzihaque et al., (2022) minyak jelantah berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan apabila dikonsumsi. Hal ini

dikarenakan zat beracun yang dihasilkan saat minyak dioksidasi dapat menyebabkan kanker sehingga pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat menambah nilai guna minyak jelantah. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat dilakukan dengan atau tanpa katalis (Nenobahan et al., 2020).

Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat menggunakan katalis homogen maupun katalis heterogen. Katalis homogen yang biasa digunakan antara lain NaOH dan KOH. Andalia dan Pratiwi (2018) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh katalis homogen NaOH dan KOH terhadap produk biodiesel dari minyak jelantah. Hasil yang diperoleh adalah kuantitas terbaik biodiesel dari minyak jelantah yang dihasilkan jika menggunakan katalis NaOH sedangkan kualitas terbaik didapatkan jika menggunakan katalis KOH (Andalia dan Pratiwi, 2018). Katalis homogen menghasilkan rendemen dan aktivitas tinggi, namun memiliki kelemahan pada proses pemurnian yang relatif sulit dan menghasilkan banyak limbah (R. Sari et al., 2021). Selain itu, sabun akan mudah terbentuk karena asam lemak atau gliserida dalam minyak jelantah dapat bereaksi dengan basa disebut dengan reaksi saponifikasi (Panjaitan, 2021).

Pencarian katalis heterogen dalam sintesis biodiesel mencuri perhatian para peneliti. Berdasarkan hasil penelitian Nasution et al., (2021) katalis heterogen merupakan katalis yang ramah lingkungan, tidak bersifat korosif, dapat dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi dan sentrifugasi, serta dapat

digunakan secara berulang dalam jangka waktu lama. Proses filtrasi dan sentrifugasi dapat menambah waktu operasi dan biaya produksi sehingga diperlukan alternatif lain yaitu menggunakan katalis heterogen berupa katalis magnetik.

Katalis magnetik merupakan katalis yang memanfaatkan nanopartikel bersifat magnetik yang dapat dipisahkan dengan medan magnet eksternal sehingga pemisahan terjadi lebih cepat (Dantas et al., 2020). Syakina dan Rahmayanti, (2023) berhasil melakukan sintesis nanopartikel magnetik dari ekstrak kulit petai (*Parkia speciosa Hassk*) atau MNPs-PT sebagai adsorben zat warna metilen biru pada limbah cair. Penambahan senyawa bahan alam ini bertujuan untuk mencegah aglomerasi dari partikel magnetit sekaligus sebagai agen pereduksi.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka penelitian ini perlu melakukan sintesis katalis magnetik menggunakan ekstrak bahan alam seperti kulit petai sebagai katalis pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah. Penggunaan sebagai katalis magnetik diharapkan dapat menjadi alternatif lain penggunaan katalis homogen dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah karena katalis mudah dipisahkan dengan medan magnet eksternal.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Ekstrak kulit petai (*Parkia speciosa Hassk*) yang akan digunakan dalam penelitian ini didapatkan melalui metode ekstraksi menggunakan pelarut air.

2. Limbah kulit petai yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah rumah tangga.
3. Metode sintesis katalis magnetik Fe_3O_4 -PSH adalah metode kopresipitasi.
4. Minyak jelantah yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah minyak bekas penggorengan dengan pengulangan minimal lima kali.
5. Variasi massa katalis Fe_3O_4 -PSH yang digunakan dalam sintesis biodiesel dari minyak jelantah adalah 0,25% dan 0,50% dari berat minyak tahap esterifikasi.
6. Variasi perbandingan volume minyak dan metanol yang digunakan dalam sintesis biodiesel dari minyak jelantah adalah 3:1; 6:1; 9:1 dan 12:1.
7. Pengujian biodiesel dengan parameter massa jenis, bilangan asam, kadar air, nilai kalor dan titik nyala berdasarkan Standar Nasional Indonesia 7182:2015 tentang biodiesel.
8. Katalis homogen yang digunakan sebagai pembanding dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah adalah KOH.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterisasi gugus fungsi dan kristalinitas Fe_3O_4 -PSH menggunakan FTIR dan XRD?
2. Bagaimana kualitas dan kuantitas produk biodiesel dari minyak jelantah pada berbagai variasi massa katalis Fe_3O_4 -PSH dan perbandingan volume minyak-metanol yang meliputi parameter massa jenis, titik nyala, bilangan asam dan kadar air berdasarkan SNI 7182:2015?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik gugus fungsi dan kristalinitas Fe_3O_4 -PSH menggunakan FTIR dan XRD.
2. Menganalisis kualitas dan kuantitas produk biodiesel dari minyak jelantah pada berbagai variasi massa katalis Fe_3O_4 -PSH dan perbandingan volume yang meliputi parameter massa jenis, titik nyala, bilangan asam dan kadar air berdasarkan SNI 7182:2015.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa minyak jelantah dapat dijadikan biodiesel dengan bantuan katalis magnetik Fe_3O_4 -PSH.
2. Sebagai upaya mengurangi limbah dan menambah nilai guna minyak jelantah.
3. Meningkatkan pemanfaatan limbah kulit petai sebagai katalis heterogen.
4. Menambah khasanah ilmu pengetahuan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sintesis Fe_3O_4 dengan senyawa fenolik kulit petai (*Parkia speciosa Hassk*) dilakukan dengan metode kopresipitasi pada suhu ruang dengan pH 11 menghasilkan Fe_3O_4 -PSH. Karakterisasi gugus fungsi menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) diperoleh bilangan gelombang 3415, 1618, 1442, 572 dan 418 cm^{-1} berturut-turut mengindikasikan adanya serapan dari ikatan O-H fenolik, C=C cincin aromatik dan Fe-O struktur tetrahedral dan oktahedral. Analisis kristalinitas dengan instrumen XRD diperoleh ukuran kristal Fe_3O_4 -PSH sebesar 14,5 nm.
2. Perlakuan variasi massa katalis Fe_3O_4 -PSH dan variasi perbandingan volume minyak-metanol pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan dengan kondisi terbaik pada massa katalis Fe_3O_4 -PSH 0,50% dan perbandingan volume minyak-metanol 3:1. Kualitas biodiesel berdasarkan parameter massa jenis, titik nyala, bilangan asam biodiesel sudah memenuhi SNI 7182:2015 sementara parameter kadar air masih melebihi persyaratan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya seperti dilakukan variasi massa katalis di atas 2%, variasi pengaruh suhu dan waktu. Pengujian parameter tambahan seperti uji gas emisi, viskositas kinematik dan sebagainya berdasarkan SNI 7182:2015 agar dapat diuji coba sebagai bahan bakar mesin diesel. Selanjutnya, dapat dilakukan kajian terkait hasil samping reaksi transesterifikasi dengan katalis Fe_3O_4 -PSH.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Dief, A. M., dan Abdel-Fatah, S. M. 2018. Development and Functionalization of Magnetic Nanoparticles as Powerful and Green Catalysts for Organic Synthesis. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.05.008>
- Afidatul, N., dan Yuliana. 2019. Pemanfaatan Petai (*Parkia speciosa*) sebagai The Herbal Antioksidan Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2019 Universitas Tidar*, 101–104.
- Ali, R. M., Elkatory, M. R., dan Hamad, H. A. 2020. Highly Active and Stable Magnetically Recyclable CuFe_2O_4 as a Heterogenous Catalyst for Efficient Conversion of Waste Frying Oil to Biodiesel. *Fuel*, 268(August 2019), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117297>
- Andalia, W., dan Pratiwi, I. 2018. Kinerja Katalis NaOH dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Tekno Global*, 7(1), 32–36. <http://ejournal.uigm.ac.id/index.php/TG/article/view/549>
- Annisa, W., dan Hanudin, E. 2013. Peran Ligan Organik terhadap Pembentukan Oksida Besi di Tanah Sulfat Masam. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(1), 37–46.
- Asrori, M. R., Wijaya, H. W., dan Sutrisno. 2020. Metanol dan Etanol: Produksi, Karakterisasi, Eksplorasi dan Pemberdayaan Sumber Daya Alamnya. *Prosiding SNKP 2020 Sinergi Kimia dan Pendidikan Kimia untuk Menyiapkan Generasi di Era Disruptif*, 179–196.
- Aziz, I., Nurbayti, Si., dan Ulum, B. 2011. Pembuatan produk biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Valensi*, 2, 443–448.
- Busyairi, M., Muttaqin, A. Z., Meicahyanti, I., dan Saryadi, S. 2020. Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 933–940. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1920>
- Dantas, J., Leal, E., Cornejo, D. R., Kiminami, R. H. G. A., dan Costa, A. C. F. M. 2020. Biodiesel Production Evaluating the Use and Reuse of Magnetic Nanocatalysts $\text{Ni}_0.5\text{Zn}_0.5\text{Fe}_2\text{O}_4$ Synthesized in Pilot-Scale. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 3026–3042. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.08.012>
- Darmapatni, K. A. G., Basori, A., dan Suaniti, N. M. 2016. Pengembangan Metode GC-MS untuk Penetapan Kadar Acetaminophen pada Spesimen Rambut Manusia. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(3), 255–270. <https://doi.org/10.20473/jbp.v18i3.2016.255-266>
- Darminto, Cholishoh, Perdana, Baqiya, Mashuri, Cahyono, dan Triwikantoro.

2011. *Preparing Fe₃O₄ Nanoparticles from Fe²⁺ Ions Source by Co-precipitation Process in Various pH*. 234–237.
- Dudchenko, N., Pawar, S., Perelshtein, I., dan Fixler, D. 2022. Magnetite Nanoparticles: Synthesis and Applications in Optics and Nanophotonics. *Materials*, 15(7), 1–34. <https://doi.org/10.3390/ma15072601>
- Fatimah, I., Pratiwi, E., dan Wicaksono, W. 2020. Synthesis of Magnetic Nanoparticles Using *Parkia speciosa* Hassk Pod Extract and Photocatalytic Activity for Bromophenol Blue Degradation. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46, 35–40.
- Fatimura, M., T, D. R., dan Siregar, S. E. 2016. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Bekas Rumah Makan dengan Variasi Penambahan Katalis KOH pada Proses Transesterifikasi. *Jurnal Redoks*, 1, 35–44.
- Furqon, F., Nugroho, A. K., dan Anshorulloh, M. K. 2019. Kajian Penggunaan Katalis KOH pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Reverse Flow Biodiesel Reactor secara Batch. *Rona Teknik Pertanian*, 12(1), 22–31. <https://doi.org/10.17969/rtp.v12i1.12508>
- Garcia-Morales, R., Zúñiga-Moreno, A., Verónico-Sánchez, F. J., Domenzain-González, J., Pérez-López, H. I., Bouchot, C., dan Elizalde-Solis, O. 2022. Fatty Acid Methyl Esters from Waste Beef Tallow using Supercritical Methanol Transesterification. *Fuel*, 313, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122706>
- Ishaq, M., Ridwan, dan Gazali, A. 2021. Pengaruh Katalis KOH Terhadap Kualitas Sintesis Biodiesel Minyak Jelantah. *Saintis*, 2(2), 65–71.
- Jaya, D., Widayati, T. W., Salsabiela, H., dan Majid, M. F. A. 2021. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen. *Jurnal Eksegi*, 19(1), 29–34.
- Kamisah, Y., Othman, F., Qodriyah, H. M. S., dan Jaarin, K. 2013. *Parkia speciosa* Hassk.: A Potential Phytomedicine. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/709028>
- Kolakoti, A., Setiyo, M., dan Waluyo, B. 2021. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: Characterization, Modeling and Optimization. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 1(1), 22–30. <https://doi.org/10.31603/mesi.5320>
- Maleki, B., dan Esmaili, H. 2023. Application of Fe₃O₄/SiO₂@ZnO Magnetic Composites as a Recyclable Heterogeneous Nanocatalyst for Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: Response Surface Methodology. *Ceramics International*, 49(7), 11452–11463. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.11.344>
- Malia, A., Suarya, P., Raka Astiti Asih, I. A., dan Wisnu Adhi Putra, I. M. 2016. Pengaruh Rasio Molar Minyak Jelantah dengan Metanol dan Suhu Reaksi dalam Reaksi Transesterifikasi Terkatalis CaO/Zeolit Alam terhadap Yield

- Biodiesel. *Jurnal Kimia*, 10(1), 49–57.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2016.v10.i01.p07>
- Masruroh, Manggara, A., Papilaka, T., dan Triandi, R. 2013. Penentuan ukuran Kristal (crystallite size) Lapisan Tipis PZT dengan Metode XRD melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer. *ERUDIO (Journal of Educational Innovation)*, 1(2), 24–29.
- Merdekani, S. 2013. Sintesis Partikel Nanokomposit Fe₃O₄/SiO₂ dengan metode Kopresipitasi. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR - BATAN Bandung*, 472–477.
- Mitrea, L., Trif, M., Cătoi, A. F., dan Vodnar, D. C. 2017. Utilization of Biodiesel Derived-Glycerol for 1,3-PD and Citric Acid Production. *Microbial Cell Factories*, 16(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0807-5>
- Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umara, W. A., dan 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>
- Musa, I. A. 2016. The Effects of Alcohol to Oil Molar Ratios and the Type of Alcohol on Biodiesel Production using Transesterification Process. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.06.007>
- Nasution, H., Puspita Sanda, W., Syafri, R., Siregar, S. H., Yuhelson, dan Prasetya. 2021. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Bentonit, K-Bentonit Dan K-Bentonit Terimpregnasi CaO. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 12(1), 60–66. <https://doi.org/10.37859/jp.v12i1.3312>
- Nasution, Z. D., Meriatna, M., dan Azhari, A. 2021. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Curah dengan Menggunakan Katalis Basa Heterogen dari Abu Tandan Buah Pisang Awak. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 71. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.5585>
- Nengsih, S. 2021. Review Literatur: Sintesis Pasir Besi Menjadi Nanopartikel Magnetit Melalui Penerapan Metode Kopresipitasi. *Amina*, 3(3), 112–122.
- Nenobahan, M. A., Ledo, M. E, S., dan Nitsae, M. 2020. Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Biokatalis Ekstrak Kasar Lipase dari Biji Kesambi (*Schleicheraoleosa* l). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(2622), 20–25.
- Nurdyansyah, F., Widyastuti, D. A., dan Mandasari, A. A. 2019. Karakteristik Simplisia dan Ekstrak Etanol Kulit Petai (*Parkia speciosa*) dengan Metode Maserasi. *Seminar Nasional Sains dan Entrepreneurship VI*.
- Nurfirzatulloh, I., Suherti, I., Insani, M., Shafira, R. A., dan Abriyani, E. 2023. Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin pada Beberapa

- Tumbuhan dengan Instrumen FTIR. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(4), 201–209. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7678425>
- Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., dan Putri, K. N. E. 2021. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis NaOH/CaO/C dari Cangkang Telur. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), 147–156. <https://doi.org/10.26578/jrti.v15i2.6835>
- Panjaitan, J. R. H. 2021. Kinetika Reaksi Pembuatan Sabun dan Pemurnian Gliserol dari Limbah Alkali Sabun: Review. *Rekayasa*, 14(2), 200–206. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i2.10626>
- Perwitasari, D. Su. 2020. *Teknologi Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas*. CV Mitra Abisatya.
- Prihanto, A., dan Irawan, T. A. B. 2018. Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis dan Rasio Molar Metanol-Minyak terhadap Yield Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Metana*, 13(1), 30. <https://doi.org/10.14710/metana.v13i1.11340>
- Purnami, Wardana, dan Veronika, K. 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis terhadap Laju dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Rekayasa Mesin*, 6(1), 51–59.
- Rahdianti, E. S., Yerizam, dan Martha. 2018. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 3(3), 77–82. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v3.i3.77>
- Rahman, S., dan Toifur, M. 2016. Rancangan Eksperimen Analisis Struktur Mikro Sampel dengan Prinsip XRD Menggunakan Metode Kristal Berputar. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 3(1), 5–9. <https://doi.org/10.12928/jrpkp.v3i1.4538>
- Rahmayanti, M. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Sonokimia. *Al Ulum Sains dan Teknologi*, 6(1), 26–31.
- Rahmayanti, M., Nurul Syakina, A., Fatimah, I., dan Sulistyaningsih, T. 2022. Green Synthesis of Magnetite Nanoparticles using Peel Extract of Jengkol (*Archidendron pauciflorum*) for Methylene Blue Adsorption from Aqueous Media. *Chemical Physics Letters*, 803(June), 139834. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139834>
- Rahmayanti, M., Santosa, S. J., dan Sutarno. 2016. Mechanisms of Gold Recovery from Aqueous Solutions using Gallic Acid-Modified Magnetite Particles Synthesized via Reverse Co-precipitation Method. *International Journal of ChemTech Research*, 9(4), 446–452.
- Ramadani, G. 2017. Pengaruh Ekstrak Kulit Petai (*Parkia speciosa*) sebagai Antioksidan Alami pada Pemakaian Minyak Goreng Deep Frying terhadap Kadar MDS Hepar Mencit (*Mus musculus*). *Saintika Medika*, 8(1), 2002–2007. <https://doi.org/10.22219/sm.v8i1.4096>
- Ramesh, A. V., Devi, D. R., Botsa, S. M., dan Basavaiah, K. 2018. Facile Green

- Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles using Aqueous Leaf Extract of *Zanthoxylum armatum* DC. for Efficient Adsorption of Methylene Blue. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 6(2), 145–155. <https://doi.org/10.1080/21870764.2018.1459335>
- Rianti, A., Parassih, E. K., Novenia, A. E., Christpoher, A., Lestari, D., Kiyat, W. El, Pangan, D. T., Hayati, F. I., Surya, U., dan Korespondensi, P. 2018. Potential of Petai (*Parkia speciosa*) as An Antioxidant Source. *Jurnal Dunia Gizi*, 1(1), 10–19.
- Rugayah, Hidayat, A., dan Hafid, U. 2014. Kedawung (*Parkia timoriana*) dan Kerabatnya di Jawa; Petir (*P . intermedia*) dan Petai (*P . speciosa*). *Berita Biologi*, 13(2), 143–152.
- Saragi, T., Permana, Saputri, Safriani, Rahayu, dan Risdiana. 2018. Karakteristik Optik dan Kristal Nanopartikel Magnetit. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(1), 53–56. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.15438>
- Sari, F. I. P. 2017. Sintesis, Karakterisasi Nanopartikel Magnetit, Mg/Al NO₃ – Hidrotalsit dan Komposit Magnetit-Hidrotalsit. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 44–49. <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i1.4526>
- Sari, N., Fajri, M., dan Anjas W. 2018. Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30.
- Sari, R., Dewi, R., dan Hakim, L. 2021. Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Katalis pada Sintesa Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknos*, 1(1), 1–11.
- Sarungu, S., Lukman, dan Lanrianna Putri Paelongan, S. 2021. Analisa Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Katalis KOH. *Petrogas*, 3(2), 76–93. <http://ejournal.sttmigas.ac.id/index.php/petrogas/article/view/73>
- Suryandari, A. S., Ardiansyah, Z. R., Andhani, V. N., Arfiansyah, I., Mustain, A., dan Dewajani, H. 2021. Sintesis Biodiesel melalui Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Berbasis Katalis Heterogen CaO dari Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 5(1), 22–27.
- Suzihaque, M. U. H., Alwi, H., Kalthum Ibrahim, U., Abdullah, S., dan Haron, N. 2022. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, 63, 490–495. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.527>
- Syakina, A. N., dan Rahmayanti, M. 2023. Removal of Methyl Violet from Aqueous Solutions by Green Synthesized Magnetite Nanoparticles with *Parkia Speciosa* Hassk. Peel Extracts. *Chemical Data Collections*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101003>
- Taib, S., dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe₃O₄) dengan

- Template silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 5(01), 23. <https://doi.org/10.13057/ijap.v5i01.256>
- Ulakpa, W. C., Ulakpa, R. O. E., Eyankware, E. O., dan Egwunyenga, M. C. 2022. Statistical Optimization of Biodiesel Synthesis from Waste Cooking Oil using NaOH/Bentonite Impregnated Catalyst. *Cleaner Waste Systems*, 3, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100049>
- Velmurugan, A., dan Warriar, A. R. 2022. Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil using Mesoporous MgO-SnO₂ Nanocomposite. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00143-y>
- Wahyudin, Tambunan, A. H., Purwanti, N., Joelianingsi, dan Nabetani, H. 2018. Tinjauan Perkembangan Proses Katalitik Heterogen dan Non-Katalitik untuk Produksi Biodiesel. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 6(2), 123–130.
- Wahyuningsih, K., Jumeri, J., dan Wagiman, W. 2018. Green Catalysts Activities of CaO Nanoparticles from *Pinctada maxima* Shell on Alcoholysis Reaction. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 18, 121–136. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol18.iss2.art4>
- Yusof, S. N. A., Sidik, N. A. C., Asako, Y., Basharie, S. M., dan Mohamed, S. B. 2021. Characterization of Crude Palm Oil (CPO), Corn Oil and Waste Cooking Oil for Biodiesel Production. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 86(2), 136–146. <https://doi.org/10.37934/arfmts.86.2.136146>