

**POTENSI BIODIESEL DARI MINYAK IKAN LEMURU DENGAN
INISIASI DINI KATALIS KULIT KERANG DARAH (*Anadara granosa*)
SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MESIN DIESEL**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas MIPA*



Oleh :

Muhammad Ridho Wiradjaya

08051382126106

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2025

**POTENSI BIODIESEL DARI MINYAK IKAN LEMURU DENGAN
INISIASI DINI KATALIS KULIT KERANG DARAH (*Anadara granosa*)
SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MESIN DIESEL**

SKRIPSI

***Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas MIPA***

Oleh :

Muhammad Ridho Wiradjaya

08051382126106

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

POTENSI BIODIESEL DARI MINYAK IKAN LEMURU DENGAN INISIASI DINI KATALIS KULIT KERANG DARAH (*Anadara granosa*) SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MESIN DIESEL

SKRIPSI

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Bidang Ilmu Kelautan*

Oleh :

Muhammad Ridho Wiradjaya

08051382126106

Indralaya, Mei 2025

Pembimbing II



Dr. Nabila Aprianti, S.T
NIP. 199704112024032001

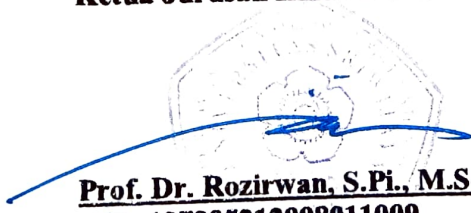
Pembimbing I



Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi
NIP. 197512312001122003

Mengetahui

Ketua Jurusan Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
NIP. 197905212008011009

Tanggal Pengesahan :

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ridho Wiradjaya

NIM : 08051382126106

Judul Skripsi : Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

DEWAN PENGUJI

Ketua : Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi
NIP. 197512312001122003


(.....)

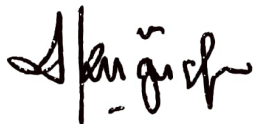
Anggota : Dr. Nabila Aprianti, S.T
NIP. 199704112024032001


(.....)

Anggota : Ellis Nurjuliasti Ningsih, M.Si
NIP. 198607102022032001


(.....)

Anggota : Dr. Fitri Agustriani, S. Pi., M.Si
NIP. 197808312001122003


(.....)

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya Muhammad Ridho Wiradjaya, NIM 08051382126106 menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Karya Ilmiah/Skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua Karya Ilmiah/Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis

Indralaya, Juli 2025



Muhammad Ridho Wiradjaya

NIM. 08051382126106

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ridho Wiradjaya
NIM : 08051382126106
Jurusan : Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya berjudul :

“Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya. **Skripsi ini dibiayai dan didukung dari penelitian skema RIIM BRIN a.n Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi tahun pertama 2024.** Segala sesuatu terkat penggunaan data dan publikasi skripsi ini, harus **seizin Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi.** Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Juli 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Ridho Wiradjaya
NIM.08051382126106

ABSTRAK

Muhammad Ridho Wiradjaya. 08051382126106. Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel (Pembimbing : Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi dan Dr.Nabila Aprianti, S.T)

Sumber daya energi merupakan faktor penting dalam pembangunan sosial ekonomi suatu negara. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama saat ini menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, terutama melalui emisi karbon dioksida. Oleh karena itu, diperlukan alternatif energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti biodiesel. Penelitian ini mengkaji potensi pembuatan biodiesel dari minyak ikan lemuru, yang diperoleh dari limbah pengolahan ikan, dengan menggunakan katalis basa heterogen CaO yang berasal dari limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Proses produksi biodiesel meliputi tahap esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas minyak ikan lemuru, diikuti oleh transesterifikasi menggunakan katalis CaO. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Sungsang, Sumatera Selatan, dan Bandung, Jawa Barat, dengan proses produksi di Laboratorium Bioekologi Kelautan Universitas Sriwijaya serta pengujian produk di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil analisis menunjukkan kandungan asam lemak utama seperti asam oleat, asam laktat, dan asam palmitat yang mendukung kualitas biodiesel. Proses optimal terjadi pada suhu 64°C, rasio molar metanol:minyak 12:1, dan penggunaan katalis 2% berat minyak. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar nasional Indonesia (SNI 7182:2015) dan berpotensi sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan biodiesel berbasis limbah laut sebagai alternatif energi bersih di Indonesia.

Kata Kunci : Biodiesel, Minyak Ikan Lemuru, Katalis CaO, Cangkang Kerang Darah

Pembimbing II



Dr. Nabila Aprianti, S.T
NIP. 199704112024032001

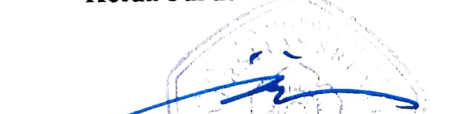
Inderalaya, Juli 2025
Pembimbing I



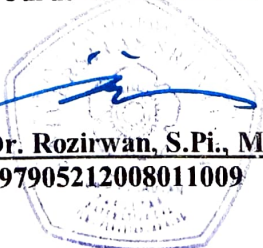
Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi
NIP. 197512312001122003

Mengetahui

Ketua Jurusan Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
NIP. 197905212008011009



ABSTRACT

Muhammad Ridho Wiradjaya. 08051382126106. Biodiesel Potential from Lemuru Fish Oil with Early Initiation of Blood Clam Shell Catalyst (*Anadara granosa*) as an Alternative Fuel for Diesel Engines (Supervisors: Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi and Dr. Nabila Aprianti, S.T)

*Energy resources are an important factor in the socioeconomic development of a country. The use of fossil fuels as the main source of energy currently has a negative impact on the environment, particularly through carbon dioxide emissions. Therefore, environmentally friendly and sustainable energy alternatives, such as biodiesel, are needed. This study examines the potential for producing biodiesel from lemuru fish oil, obtained from fish processing waste, using a heterogeneous basic catalyst (CaO) derived from blood clam shell waste (*Anadara granosa*). The biodiesel production process involves an esterification stage to reduce the free fatty acid content of the lemuru fish oil, followed by transesterification using the CaO catalyst. Sampling was conducted in Sungsang Village, South Sumatra, and Bandung, West Java, with production carried out at the Marine Bioecology Laboratory of Sriwijaya University and product testing at the National Research and Innovation Agency (BRIN). Analysis results showed the presence of major fatty acids such as oleic acid, lactic acid, and palmitic acid, which support biodiesel quality. The optimal process occurred at a temperature of 64°C, a methanol:oil molar ratio of 12:1, and the use of a catalyst at 2% of the oil weight. The resulting biodiesel meets Indonesian national standards (SNI 7182:2015) and has the potential as a sustainable renewable energy source. This study makes an important contribution to the development of marine waste-based biodiesel as a clean energy alternative in Indonesia.*

Keywords: Biodiesel, Lemuru Fish Oil, CaO Catalyst, Blood Clam Shells

Supervisor II



Dr. Nabila Aprianti, S.T
NIP. 199704112024032001

Inderalaya, July 2025

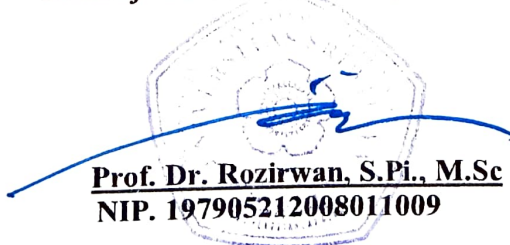
Supervisor I



Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi
NIP. 197512312001122003

Acknowledge

Head of Marine Science Department



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
NIP. 197905212008011009

RINGKASAN

Muhammad Ridho Wiradjaya. 08051382126106. Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel (**Pembimbing : Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi dan Dr.Nabila Aprianti, S.T**)

Sumber daya energi sangat penting untuk pembangunan sosial ekonomi suatu negara. Saat ini, energi utama yang digunakan masih berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, yang merupakan sumber energi tidak terbarukan dan berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama melalui emisi karbon dioksida. Oleh karena itu, diperlukan alternatif energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel dapat dibuat dari minyak hewani, seperti minyak ikan, yang diperoleh dari limbah pengolahan ikan lemuru. Minyak ikan ini kaya akan asam lemak tak jenuh yang dapat diubah menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi dengan bantuan katalis.

Katalis yang efektif dan ramah lingkungan dapat diperoleh dari limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang mengandung CaCO_3 , yang setelah proses kalsinasi menghasilkan CaO sebagai katalis basa heterogen. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan katalis CaO dari cangkang kerang darah dalam pembuatan biodiesel dari minyak ikan lemuru berpotensi meningkatkan efisiensi produksi biodiesel. Proses pembuatan biodiesel meliputi tahap esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) minyak ikan lemuru yang awalnya tinggi, diikuti oleh transesterifikasi menggunakan katalis CaO .

Penelitian dilaksanakan pada 2025. Pengambilan limbah cangkang bulan Februari kerang darah dilakukan di Desa Sungsang, Kecamatan Banyuasin II, Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Minyak ikan lemuru diperoleh dari limbah pabrik pengalengan ikan lemuru atau sarden yang berada di Bandung, Provinsi Jawa Barat. Preparasi sampel dan proses produksi biodiesel dilakukan di Laboratorium Bioekologi Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Alam Universitas Sriwijaya. Pengujian produk lebih lanjut dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional, (BRIN) KST BJ Habibie.

Hasil analisis minyak ikan lemuru menunjukkan kandungan asam lemak utama seperti asam oleat, asam laktat, dan asam palmitat yang mendukung kualitas biodiesel yang dihasilkan. Proses produksi biodiesel yang paling optimal terjadi pada suhu sekitar 64°C, dengan rasio molar metanol terhadap minyak 12:1 dan penggunaan katalis sebesar 2% dari berat minyak. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar nasional Indonesia (SNI 7182:2015) dan berpotensi menjadi sumber energi terbarukan yang berkelanjutan, sekaligus memanfaatkan limbah yang selama ini tidak terpakai.

Penelitian ini memberikan informasi penting bagi pengembangan biodiesel dari limbah minyak ikan lemuru dan katalis dari cangkang kerang darah, yang dapat menjadi alternatif energi terbarukan dan mendukung kebijakan energi nasional Indonesia menuju penggunaan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan pada tahun 2025.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, tak henti – hentinya saya mengucapkan rasa syukur karena telah menyelesaikan salah satu tahap perjalanan hidup yang akan selalu Saya ingat, yaitu penulisan tugas akhir Saya yang berjudul **“Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel”**. Tentunya dalam tahap pengumpulan dan pengolahan data hingga penyusunan tugas akhir ini tidaklah mudah jika tidak ada dukungan dari pihak-pihak yang sangat mempengaruhi dalam tahap ini. Pada kesempatan ini Saya ingin mempersembahkan skripsi ini kepada :

- ❖ **Kedua Orang Tua** yang saya sayangi dan saya cintai Papa dan Mama, Terima kasih ma, pa selama ini selalu mendukung dan mengarahkan Dodo hingga bisa mendapatkan gelar S.Kel sebagai seorang sarjana muda, Kalian selalu mengusahakan apapun untuk Dodo. Pengorbanan kalian merupakan kasih sayang nyata yang kalian berikan ke putramu ini. Untuk saat ini mungkin Dodo belum bisa membahagiakan kalian, tetapi Dodo akan senantiasa berusaha untuk menjadi anak yang berbakti kepada kedua orang tuanya. Terimakasih mama atas doa mu Dodo selalu di lindungi Yang Maha Kuasa dan dilancarkan dalam segala urusan. Terimakasih papa atas didikanmu yang dapat membentuk Dodo menjadi lelaki sejati yang tidak pernah berpaling dari tantangan apapun, Kalian berdua telah melahirkan seorang lelaki yang tulus dan bermental petarung.
- ❖ **Saudaraku** Yonichart Artha Wiradjaya, Olivia Artha Wiradjaya, dan Fajrul Rama Wiradjaya terimakasih atas doa dan dukungan serta kasih sayang yang telah dicurahkan ke Abangmu ini.
- ❖ **Keluarga Besar H. Bulhasan S M** Yai, almh. Nyai, Makwo, Om Adi, Wowo, Kak darman dan lain lain yang tidak dapat saya sebutkan satu – persatu, terimakasih atas dukungan kalian selama masa studi Dodo kurang lebih 4 tahun ini, dan terimakasih atas ilmu dan pengalaman kalian, yang kalian ajarkan ke Dodo untuk menghadapi berbagai macam masalah dalam kehidupan bermasyarakat.

- ❖ **Yang terkasih** Aurawita rianto terimakasih banyak telah menemani sedari awal masa studi (MABA) hingga akhir masa studi Saya, menemani dari masa rambut cepak hingga ke rambut cepak lagi (karena kecelakaan), menemani dari praktikan menjadi asisten, menemani selama penelitian berlangsung, menemani dalam penyusunan skripsi, dan seluruh bantuan yang telah diberikan, baik doa, usaha, semangat, moril dan lain – lain. Semoga Allah melindungi kamu dimanapun kamu berada dan dilancarkan segala urusan. **Temani aku hingga tak terhingga<3**
- ❖ **Ibu Prof. Dr. Fauziah, S. Pi** dan **Ibu Dr. Nabila Aprianti S.T** selaku dosen pembimbing skripsi saya, terimakasih telah mempercayakan riset mengenai biodiesel ini kepada saya dan telah membimbing saya hingga akhir riset. Saya sangat senang dapat melakukan riset yang dimana merupakan salah satu hal yang paling saya minati seja masa SMA, terimakasih telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang Ibu miliki, semoga barokah dan berguna untuk masa depan saya dan Indonesia yang akan datang.
- ❖ **Ibu Ellis Nurjuliasti Ningsih, M. Si** dan **Ibu Dr. Fitri Agustriani, S. Pi., M. Si** selaku dosen penguji saya, terimakasih atas arahan dan saran yang membangun selama penelitian atau riset ini berlangsung.
- ❖ **Bapak T Zia Ulqodry, S.T., M. Si., Ph. D.** selaku dosen pembimbing akademik saya, terimakasih telah memperhatikan aktivitas perkuliahan Saya selama 4 tahun terakhir, dan terimakasih Bapak atas ilmu dan perhatian yang telah diberikan.
- ❖ **Teman – teman Kantor DIK DIK PRINT Berdikari** Dicky Yai, Ikhsan Pecel, Juma, Aziel, Yustit Petir, Haris Laha, Gilang Chicken, Assyura Kabau, Duta Ardut, Jek Sihombing, Kharis Kratos terimakasih telah menjadi sahabat dan menemani dalam keadaan suka dan duka, kalian selalu menghibur disaat ada kesusahan dan istilah KANTOR yang melekat pada kita jadikanlah sebagai persahabatan abadi hingga anak cucu, semoga urusan kita semua selalu dipermudah dan senantiasa di dalam lindungan Allah SWT. Tetaplah hidup demi amal dan rokok favorit kalian. Terimakasih atas panggilan yang kalian sematkan kepadaku hehe.

- ❖ **Keluarga Besar Laboratorium Eksplorasi Sumberdaya dan Akustik Kelautan (ESAK) angkatan 2019, 2020, 2021, 2022** Terimakasih atas pelajaran dan ilmu yang telah Lab ini berikan, Lab ini telah menjadi guru yang sangat berarti bagi saya dengan mengajarkan bagaimana bersosialisasi dengan masyarakat dan penggunaan alat – alat riset dengan harga yang fantastis, terimakasih telah mempercayakan saya sebagai koordinator asisten Laboratorium ini selama kurang lebih 1 tahun lamanya, terimakasih untuk segala – galanya.
- ❖ **Teman – teman satu angkatan 2021 (Thalassa)** semoga kita semua akan menjadi insan yang berguna bagi bangsa dan negara ini, dilancarkan segala urusan dan dalam lindungan Yang Maha Kuasa.
- ❖ **Muhammad Ridho Wiradjaya, S. Kel** kamu hebat, bisa bertahan hingga saat ini, disaat badai hujan panas menerpa kamu tetap berdiri tegak menghadapinya. Jangan jadikan pencapaian ini sebagai batas perjuanganmu, karena sesungguhnya perjuangan yang menyenangkan baru saja dimulai, jangan takut gagal dalam usiamu yang masih belia ini, selalu mintalah restu dan doa kepada orang tuamu, dan tetaplah berada di jalan yang lurus dan senantiasa berada di jalan kebenaran. Kejarlah cita – citamu selanjutnya Allah pasti telah menyiapkan yang paling terbaik.

“BERANI KARENA BENAR, TAKUT KARENA SALAH”

“RAGU – RAGU LEBIH BAIK KEMBALI !”

“FORTIS FORTUNA ADIUVAT”

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT. atas semua Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Potensi Biodiesel Dari Minyak Ikan Lemuru Dengan Inisiasi Dini Katalis Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat meraih gelar sarjana di bidang Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi saya. Terkhusus kepada Dosen Pembimbing I dan II, Dosen Penguji I dan II yang telah mengarahkan penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari terdapat keterbatasan dan kekurangan yang ada dalam skripsi ini. oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Indralaya, Juli 2025

Muhammad Ridho Wiradjaya
NIM. 08051382126106

DAFTAR ISI

COVER	1
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Biodiesel.....	7
2.2 Minyak Ikan Lemuru.....	7
2.3 Katalis Cangkang Kerang	8
2.4 Esterifikasi.....	9
2.5 Transesterifikasi	10
2.6 GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i>)	10
2.7 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	11
2.8 XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>).....	11
2.9 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	12
2.10 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	13
III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	16
3.3.2 Pembuatan Katalis CaO	17
3.3.3 Esterifikasi.....	17

3.3.4 Transesterifikasi	18
3.3.5 Karakterisasi Minyak Ikan	19
3.3.6 Karakterisasi Produk Biodiesel	19
3.3.7 Karakterisasi Katalis CaO	21
3.4 Analisis Data	22
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakteristik Bahan Baku	23
4.1.1 Karakteristik Minyak Ikan Lemuru	23
4.1.2 Karakteristik Minyak Lemuru setelah Esterifikasi	25
4.2 Pengaruh Variabel Proses Pembuatan Biodiesel.....	28
4.2.1 Pengaruh Rasio Methanol terhadap Yield Biodiesel	28
4.2.2 Pengaruh Persentase Katalis terhadap Yield Biodiesel.....	29
4.3 Karakteristik Biodiesel dari Minyak Ikan Lemuru	30
4.3.1 Perbandingan Karakteristik Biodiesel dengan SNI 7182:2015.....	31
4.3.2 Analisis Metil Ester dengan Gas Chromatography (GC)- Massa (MS.)	32
4.4 Pengaruh Katalis CaO pada Biodiesel	35
4.4.1 Karakteristik Katalis CaO dari Kerang Darah	35
4.4.2 Pengaruh Katalis CaO terhadap Biodiesel	38
V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1. Kerangka Pikir	5
2. Peta Lokasi Penelitian	14
3. Prosedur Penelitian.....	16
4. Ikan Lemuru (<i>Sardinella lemuru</i>) Sumber : <i>fishbase.org</i>	16
5. Cangkang kerang <i>Anadara granosa</i>	17
6. Minyak lemuru	17
7. Peralatan Proses Transesterifikasi.....	18
8. Yield biodiesel pada setiap perbandingan molar metanol terhadap minyak....	28
9. Yield biodiesel pada setiap berat katalis yang digunakan.....	30
10. Hasil analisis GC pada sampel P2.....	33
11. Hasil analisis GC pada sampel P4.....	34
12. Hasil uji homogenitas.....	35
13. Hasil Uji ANOVA P2 dan P4.....	35
14. Hasil analisis XRD katalis CaO dari cangkang kerang darah.....	36
15. Hasil uji FTIR katalis CaO dari cangkang kerang darah	37
16. Hasil karakterisasi SEM.....	38
17. Yield Biodiesel dengan Katalis Berbeda.....	39
18. Hasil Uji Lanjut Dunnett C	39
19. Emulsi yang terbentuk pada proses pencucian biodiesel katalis CaO	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
1. Bahan Penelitian.....	14
2. Alat Penelitian.....	15
3. Matriks pelaksanaan penelitian	19
4. Senyawa Asam Lemak pada Minyak Lemuru	24
5. Senyawa non Fatty Acid pada minyak lemuru	24
6. Kadar FFA minyak ikan pada penelitian terdahulu	25
7. Senyawa Fatty Acid setelah Esterifikasi	26
8. Senyawa Non Fatty Acid setelah esterifikasi.....	27
9. Hasil karakterisasi biodiesel.....	31
10. Analisis Massa Spectroscopy (MS) senyawa FAME pada P2.....	33
11. Analisis Massa Spectroscopy (MS) senyawa FAME pada P4.....	34
12. Komposisi elemen penyusun katalis CaO dari kerang darah.....	36
13. Kadar FFA minyak bahan berdasarkan sumber lain	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Perhitungan molar minyak ikan lemuru dan metanol untuk menentukan volume reaktan proses esterifikasi	50
2. Perhitungan molar minyak dan metanol untuk proses transesterifikasi.....	51
3. Tabel yield biodiesel setiap perlakuan	53
4. Dokumentasi kegiatan di laboratorium	54

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya energi dianggap sebagai sumber daya yang sangat penting untuk pembangunan sosial ekonomi negara manapun. Saat ini sumber energi utama yang digunakan yaitu sumber energi yang berasal dari dengan ketersediaan energi yang ada, sehingga dibutuhkan lebih banyak lagi energi yang berasal dari alam seperti bahan bakar fosil (Khairiah dan Destini, 2017). Bahan bakar fosil (Ghifari dan Samik, 2023). Bahan bakar fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbarui karena keberadaannya di alam semakin lama semakin habis. Sementara kebutuhan terhadap energi berbanding terbalik

Jenis bahan bakar fosil yang paling umum digunakan antaranya minyak bumi, batu bara dan gas alam. Minyak bumi atau petroleum merupakan bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan di dunia. Minyak bumi dapat disuling menjadi berbagai produk, termasuk bensin, solar (minyak diesel), dan minyak tanah. Ini digunakan secara luas dalam transportasi, pembangkit listrik, dan sebagai bahan baku untuk produk kimia (Anam dan Majid, 2020).

Penggunaan bahan bakar dari minyak bumi menghasilkan berbagai emisi yang berdampak pada lingkungan. Penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar menghasilkan emisi karbon dioksida yang signifikan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Palupi *et al.* (2023), menunjukkan bahwa kenaikan 1% dalam penggunaan minyak bumi dapat meningkatkan emisi karbon sebesar 0,71%. Selain itu, minyak bumi juga merupakan sumber energi yang tidak terbarukan, sehingga dibutuhkan alternatif energi yang *sustainable* dan ramah lingkungan yaitu biodiesel.

Menurut Yaşar (2019), biodiesel merupakan suatu bahan bakar yang terdiri dari campuran monoalkyl ester dari panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar. Pengertian ilmiah dari biodiesel mencakup semua bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa (Samosir *et al.* 2012). Biodiesel dapat diciptakan dari minyak hewani, salah satu minyak hewani tersebut merupakan minyak ikan.

Minyak ikan diperoleh dari ekstraksi lemak ikan yang dilanjutkan dengan penyaringan untuk pemisahan minyak dan penambahan NaCl. Minyak ikan sebagai limbah pengolahan hasil perikanan merupakan bahan yang berpotensi untuk pembuatan biodiesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi trigliserida (Febrianto, 2016). Minyak ikan dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel karena mengandung asam lemak tak jenuh, terutama asam lemak omega-3 dan omega-6, yang dapat diubah menjadi metil ester melalui proses transesterifikasi pada prosesnya (Pandiangan *et al.* 2021).

Minyak ikan dapat berasal dari ikan ataupun limbah pabrik pengolahan ikan, salah satunya adalah minyak ikan lemuru. Ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) adalah jenis ikan pelagis kecil dari famili *Clupeidae* yang memiliki nilai ekonomis penting, terutama di Indonesia. Ikan ini banyak ditemukan di perairan Selat Bali dan dikenal juga dengan nama "*Bali Sardinella*" dalam bahasa Inggris atau "*Indian Oil Sardinella*" (DKP Provinsi Jawa Timur, 2024).

Menurut data dari Menperin (2022), terdapat 70 industri pengalengan ikan skala besar dengan total produksi sebesar 308.000 ton pada tahun 2022. Pada tahap *pre-cooking* proses pengalengan ikan terutama yang berbahan baku ikan lemuru menghasilkan hasil samping sebanyak 5% yaitu berupa minyak ikan (Sari *et al.* 2015). Dari hasil akumulasi antara nilai hasil samping dan data dari Menperin didapat hasil samping berupa minyak ikan sebesar 15.400 ton minyak ikan. Angka ini tentunya memiliki potensi untuk dijadikan bahan pembuatan biodiesel secara konvensional, mengingat angka tersebut dapat meningkat setiap tahunnya sesuai dengan kegiatan perikanan yang ada di Indonesia.

Sintesis biodiesel umumnya dibutuhkan katalis untuk meningkatkan laju reaksi antara minyak ikan dan metanol melalui proses transesterifikasi, Katalis yang digunakan adalah katalis basa seperti KOH, NaOH atau senyawa basa yang lain. Namun, diketahui senyawa CaO menunjukkan potensi yang signifikan dalam proses pembuatan biodiesel, baik dari segi efisiensi maupun keberlanjutan. Katalis ini memiliki keuntungan dalam hal pemisahan dan pemulihan setelah reaksi, yang membuat proses lebih efisien dan ramah lingkungan (Yuhardi *et al.* 2016).

Limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dapat dijadikan sumber katalis CaO. Untuk memperoleh senyawa CaO pada cangkang kerang darah, dapat

dilakukan melalui proses kalsinasi dengan suhu tinggi. Kandungan CaCO_3 cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) mencapai 98,7% dari total kandungan mineralnya, sehingga sangat potensial sebagai sumber katalis CaO untuk pembuatan biodiesel (Azhari *et al.* 2023).

Penelitian mengenai pembuatan biodiesel dari minyak ikan telah dilakukan oleh Santoso *et al.* (2021), tentang pembuatan biodiesel dari *crude fish oil* (CFO) dengan katalis heterogen CaO dari cangkang kerang darah. *Yield* biodiesel tertinggi didapat pada berat katalis CaO 25% temperature 60°C yaitu sebesar 52,54%. Selain itu, penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Mulyono *et al.* (2022), namun menggunakan bahan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis dari cangkang kerang darah. Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa waktu yang optimum untuk produksi biodiesel yaitu pada menit ke 15 dengan konsentrasi 3 %wt/wt dengan perbandingan rasio mol minyak dan metanol yaitu 1: 12. Dengan penelitian tersebut maka pembuatan biodiesel dari limbah minyak ikan lemuru dengan katalis dari cangkang kerang darah dapat dilakukan dan berpotensi menjadi sumber daya energi yang terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Meningkatnya ancaman terhadap masalah lingkungan dalam pemenuhan sumber energi merupakan salah satu masalah utama yang saat ini sedang dihadapi. Diantara beberapa alternatif energi yang ada, biodiesel merupakan salah satu alternatif sumber energi yang dapat menggantikan penggunaan minyak bumi konvensional yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pembuatan biodiesel selama ini terbuat dari minyak nabati murni seperti CPO (Soetaredjo *et al.* 2021), kacang kedelai (Yusuff *et al.* 2022), lobak (Sendzikiene *et al.* 2020), dan biji bunga matahari (Zulqarnain *et al.* 2021).

Di sisi lain, kebutuhan akan minyak nabati kian meningkat karena minyak nabati merupakan bahan baku utama untuk produk pangan seperti minyak goreng, susu vegetarian, vitamin dan lain sebagainya (Mulyono, 2022). Hal ini tentunya akan mengganggu stabilitas pangan di masa yang akan datang. Maka dari itu diperlukan terobosan baru atau mencari bahan baku baru yang dapat digunakan,

yaitu minyak hewani. Minyak hewani yang sering digunakan sebagai pembuatan biodiesel diantaranya adalah lemak sapi, ikan patin, ikan lemuru.

Minyak hewani yang digunakan pada penelitian ini menggunakan minyak ikan lemuru. Dipilihnya ikan lemuru karena ingin mengkaji potensi sumber energi terbarukan namun dengan biaya bahan baku yang banyak dipasaran, sehingga diharapkan ikan lemuru akan menjadi salah satu bahan alternatif untuk pembuatan biodiesel di masa yang akan datang.

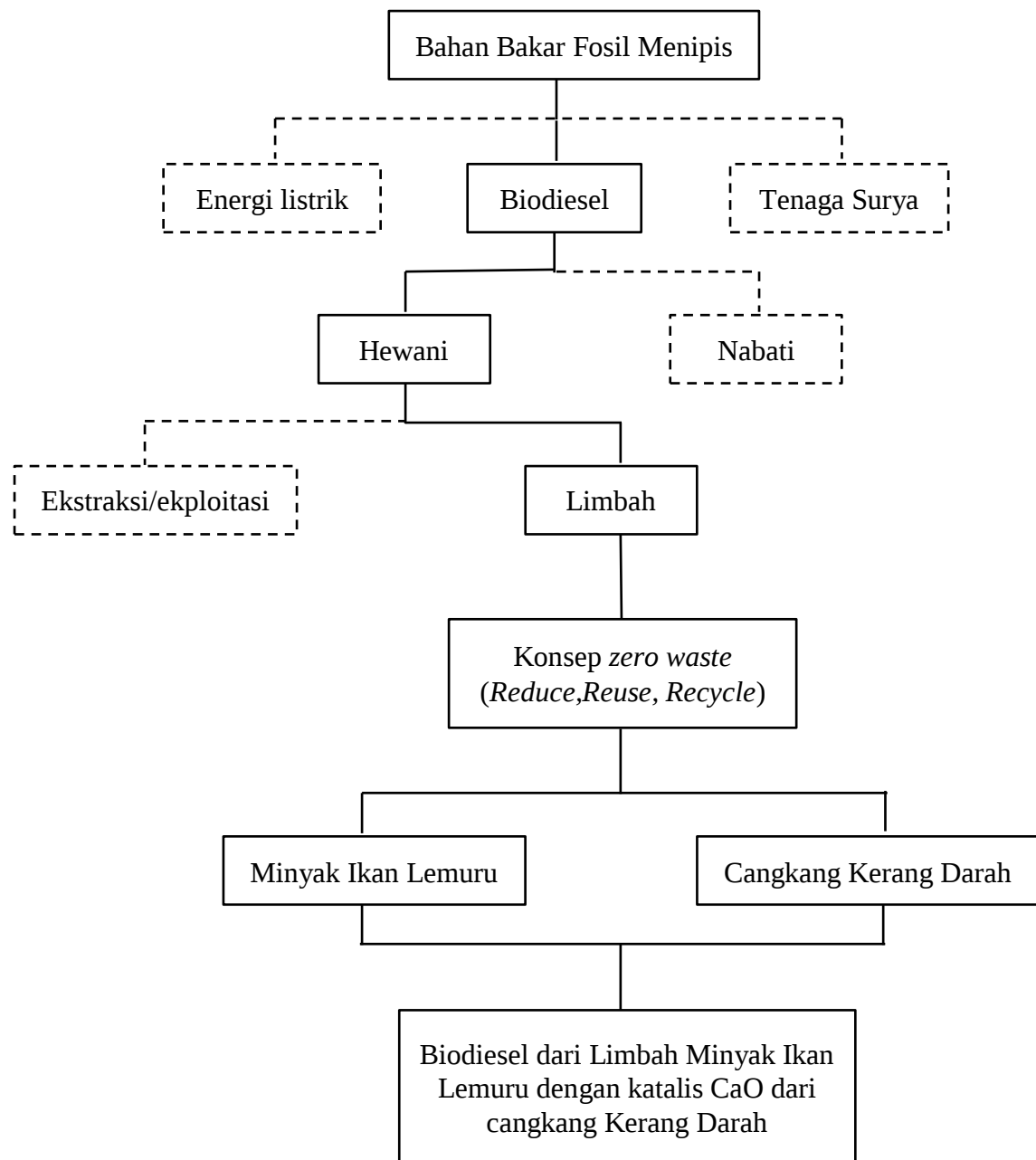
Pembuatan biodiesel tentunya dibutuhkan katalis, katalis konvensional yang digunakan saat ini kebanyakan menggunakan katalis asam (H_2SO_4) dan katalis basa seperti KOH, NaOH, dan lain sebagainya. Namun, pada penelitian ini cangkang kerang darah yang dianggap sebagai limbah digunakan untuk bahan baku pembuatan katalis biodiesel. Cangkang kerang darah diketahui mengandung $CaCO_3$ yang dapat di jadikan sebagai katalis basa heterogen dengan metode kalsinasi dan akan menghasilkan senyawa CaO sebagai campuran pembuatan biodiesel berbahan dari minyak ikan lemuru.

Penelitian mengenai potensi biodisel dari limbah minyak ikan lemuru dengan katalis dari cangkang kerang darah perlu dilakukan. Hal ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai potensi biodiesel dengan bahan baku dari limbah yang tidak terpakai, terutama limbah minyak ikan lemuru dan katalis dari cangkang kerang darah agar membantu memahami potensi sumberdaya energi terbarukan yang berkelanjutan dari limbah yang tidak terpakai.

Dalam permasalahan tersebut, maka ada beberapa rumusan masalah yang dapat dikaji sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik minyak ikan lemuru dan katalis cangkang kerang darah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel?
2. Bagaimana pengaruh katalis CaO dari kerang darah terhadap proses pembuatan biodiesel?
3. Bagaimana pengaruh variabel proses pembuatan biodiesel dari limbah minyak ikan lemuru?
4. Bagaimana karakteristik dan spesifikasi biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak ikan lemuru dengan katalis CaO dari cangkang kerang darah?

Kerangka pikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir

Keterangan :

———— : Kajian Penelitian

----- : Di luar Kajian Penelitian

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik minyak ikan lemuru dan katalis cangkang kerang darah sebagai bahan baku limbah untuk potensi pembuatan biodiesel
2. Mengidentifikasi pengaruh katalis cangkang kerang darah (CaO) terhadap proses pembuatan biodiesel
3. Menganalisis variabel proses pembuatan biodiesel dari minyak ikan lemuru
4. Mengkaji karakteristik dan spesifikasi biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak ikan lemuru dengan katalis CaO dari cangkang kerang darah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan yaitu memberikan informasi mengenai potensi biodiesel dari minyak ikan lemuru dan penggunaan katalis yang berasal dari limbah cangkang kerang darah, serta hasil penelitian ini dapat menjadi dasar acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai potensi pembuatan biodiesel berbahan baku utama minyak ikan lemuru dengan katalis dari cangkang kerang darah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh dinas terkait, yaitu Dinas Kelautan dan Perikanan serta Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral dalam upaya pemanfaatan sumberdaya laut sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrestina CJL. (2023). Studi Biodiesel dari Minyak Jarak (*Jatropha Crues L*) dengan Pemanasan Microwave (*Doctoral dissertation*, Universitas Fajar)
- Akhabue ER, Onoji SE, Ishola F, Ukpong AA, Idama O, Ekanem U, Adepoju TF. 2023. Bunch Ash biomass source for the synthesis of $Al_2(SiO_4)_2$ magnetic nanocatalyst and as alkali catalyst for the synthesis of biodiesel production. *Methodsx* Vol. 11 : 10-23
- Alsabi HA, Shafi ME, Almasoudi SH, Mufti FA, Alowaidi SA, Sharawi SE, Alaswad AA. (2024). *From Waste to Catalyst: Transforming Mussel Shells into a Green Solution for Biodiesel Production from Jatropha curcas Oil*. *Catalysts* Vol. 14(1) : 59
- Anam A, Majid MA. 2020. Karakteristik limbah daun tebu sebagai sumber energi baru terbarukan berbasis densification method. *Rekayasa Mesin* Vol. 15(1): 59-65
- Anggraini SA, Khrisna T. 2020. Produksi biodiesel dari limbah minyak ikan rucah sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel. *Snasppm* Vol. 5(1)
- Aprilian MR, Purwaningtyas FY. 2025. Pengaruh konsentrasi katalis natrium hidroksida pada pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben. *Integrasi Proses dan Lingkungan* Vol. 2(1) : 87-94
- Ardiansah A, Utami HH, Lutfi S, Firdharini C. 2022. Preparasi katalis nanomaterial dari cangkang kerang darah (*Anadara Granosa Linn*) untuk pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan microwave. *Chemical Process Engineering* Vol. 7(1) : 8-16
- ASTM International. 2021. *Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*. ASTM D93-21. West Conshohocken ASTM International.
- Ayoola AA, Osi F, Usoro IF. 2018. Data on PKO biodiesel production using CaO catalyst from Turkey bones. *Science Direct* Vol. 19 : 289-797
- Azhari A, Rizka M, Nur AL. 2023. Pembuatan biodiesel dari campuran minyak jarak kepyar *Ricinus communis* dengan minyak jelantah menggunakan katalis cao limbah cangkang kerang darah *Anadara Granosa*. *Teknologi kimia unimal* Vol. 12(1) : 1-10
- AzhariA, Mulyawan R, Nasrul ZA, Hakim L, Lubis NA. 2023. Pembuatan biodiesel dari campuran minyak jarak kepyar (*Ricinus communis*) dengan minyak jelantah menggunakan katalis CaO limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). *Teknologi Kimia Unimal* Vol. 12(1) : 122-131

- Aziz, I. 2011. Esterifikasi asam lemak bebas dari minyak goreng bekas. *Valensi* Vol. 2(2) : 384-388
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-3555- 1998 (*Cara Uji Minyak dan Lemak*). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Basumatary SF, Brahma S, Hoque M, Das BK, Selvaraj M, Brahma S. (2023). *Advances in CaO-based catalysts for sustainable biodiesel synthesis. Green Energy and Resources* Vol. 1(3), 100032.
- Bharti P, Bhaskar S, Dey R. 2019. Process optimization of biodiesel production catalyzed by CaO nanocatalyst using response surface methodology. *Corpus* Vol. 10(10) : 1-37
- Chandrika AD, Yerizam M, Meidinariasty A. 2023. Effect of Alkaline Catalyst Concentrations and Weight Ratios of Oil to Methanol on the Biodiesel Production From Waste Cooking Oil. *Indonesian Journal of Chemical Science* Vol.12(3) : 245-254
- Dasari SR, Borugadda VB, Goud VV. 2016. Reactive extraction of castor seeds and storage stability characteristics of produced biodiesel. *Process Safety and Environmental Protection* Vol.100 : 252-263
- Debella HA, Venkata RA, Samson MA. 2023. Production optimization and characterization of ethiopian variant prosopis juliflora based biodiesel. *National Library Medicine* Vol. 10(10) : 12-72
- Dimawarnita F, Arfiana AN, Mursidah S, Maghfiroh SR, Suryadarma P. 2021. Produksi biodisel berbasis minyak nabati menggunakan aspen hysys. *Teknologi Industri Pertanian* Vol. 31(1) : 98-109
- Erchamo YS, Mamo TT, Workneh GA. 2021. Improved biodiesel production from waste cooking oil with mixed methanol ethanol using enhanced eggshell-derived CaO nano-catalyst. *Sci Rep* Vol.11 : 6708
- Estiasih T, Trowulan E, Rukmi WD. (2017). *Fortification of sardine fish oil from by-product of canning processing into beef meatball and chicken nugget. Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol. 20(1):164-178.
- Eyibio UP, Ukanwa KS, Amobogha D, Adepoju TF, Adebayo AD. 2022. Biodiesel synthesized from the blend of Thai red and *Elaeis guineensis* oil: an application of calcined base, optimization, kinetics, and thermodynamic parameters studies. *Cell Symposia* Vol. 8(12) : 17-19
- Fauzi A. 2021. Pembuatan katalis berbasis cangkang kerang dan aplikasinya pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah aziska. *Teknik kimia* Vol. 17(4) : 75

- Febrianto R. 2016. Proses produksi minyak ikan dari limbah ikan patin (*Pangasius pangasius*) di Balai Besar Pengujian Penerapan Hasil Perikanan (BBP2HP) Jakarta Timur
- Foroutan R, Mohammadi R, Ramavandi B. 2021. Waste glass catalyst for biodiesel production from waste chicken fat Optimization by RSM and ANNs and toxicity assessment. *Fuel*, 291(December 2020), 120151.
- Ghifari MI, Samik S. 2023. Pembuatan biodiesel dengan metode transesterifikasi menggunakan katalis berbahan limbah tulang. *Unesa Journal of Chemistry* Vol. 12(1) : 1-11
- Ghorbani A, Taherinia Z, Tyula YA. (2022). *Efficient biodiesel production from oleic and palmitic acid using a novel molybdenum metal-organic framework as efficient and reusable catalyst. Scientific reports* Vol. 12(1), 10338.
- Hariyanto YA, Mujiyanti T, Nasikhah H. 2021. Ekstraksi dan karakterisasi CaO berbasis cangkang bekicot dari Ponggok Blitar sebagai raw material biokeramik. *Transmisi*, Vol.17(1) : 126-131
- Haryani FR, Erliza H, Ika AK. 2021. Pengaruh kondisi proses transesterifikasi menggunakan metode sonikasi terhadap rendemen dan mutu etil ester minyak ikan. *Teknologi industri pertanian* Vol. 33(3) : 32-40
- Haryani, F. R., Hambali, E., & Kartika, I. A. (2023). Pengaruh kondisi proses transesterifikasi menggunakan metode sonikasi terhadap rendemen dan mutu etil ester minyak ikan. *Teknologi Industri Pertanian* Vol. 33(1) : 32-40
- Hussein M, Idris M. (2024). Studi Eksperimental Titik Nyala dan Viskositas Biodiesel Diproduksi dari Minyak Goreng Bekas. *Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* Vol. 3(1) : 86-92
- Karkal SS, Kudre TG. (2021). *Optimization of biodiesel production from marine fish waste oil using calcined chicken eggshell as a cost-effective catalyst by response surface methodology. Available at SSRN 3904620.*
- Khairiah K, Destini R. 2017. Analisis kelistrikan pasta elektrolit limbah kulit durian (*durio zibethinus*) sebagai bio baterai. *Nasional Pendidikan FKIP* Vol.1(2) : 1-10
- Krishnamurthy KN, Sridhara SN, Kumar CS. 2020. *Optimization and kinetic study of biodiesel production from Hydnocarpus wightiana oil and dairy waste scum using snail shell CaO nano catalyst. Renewable Energy* Vol. 146 : 280 – 296
- Lestari SP. 2015. Potensi kerang sebagai katalis untuk pembuatan biodiesel. *Seminar nasional teknik kimia*. Vol. 2(4) : 1-17
- Maniam GP, Hindryawati N, Nurfitri I, Manaf IS, Ramachandran N, Rahim M. 2014. *Utilization of waste fat from catfish (Pangasius) in methyl esters*

preparation using CaO derived from waste marine barnacle and bivalve clam as solid catalysts. Taiwan Institute of Chemical Engineers Vol. 3 : 1 – 9

- Marsyahyo E. 2009. Analisis brunnaeur emmet teller (bet) topografi permukaan serat rami (*Boehmeria nivea*) untuk media penguatan pada bahan komposit. *Flywheel* Vol. 2(2) : 33 – 41
- Megawati E, Pratama AH, Warsa IK, Octavian A. (2022). Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu esterifikasi pada tahapan proses biodisel. *Teknik Kimia* Vol. 28(1) : 38
- Monika, Banga S, Pathak VV. 2023. Biodiesel production from waste cooking oil: a comprehensive review on the application of heterogenous catalysts. *Energy Nexus* Vol. 10 : 100209
- Mulyono ME. 2022. Kajian teknologi kristalisasi fraksional pada produksi minyak sawit merah tinggi oleat-rendah palmitat. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit* Vol. 27(1) : 9-20
- Nadhiro U. (2017). Penggunaan Bentonit Sebagai Adsorben pada Proses Pemurnian Minyak Ikan Kasar (Crude Fish Oil) Hasil Sampling Industri Pengalengan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Nanthagopal K. 2022. Biodiesel sustainability review of progress and hallenges of biodiesel as sustainable biofuel. *Industrial microbiology and Biotechnology* Vol.35(5) : 421–435
- Nasir G, Batool F, Noreen S, Gondal HY, Mustaqeem M, Saeed Z, Ali HM. 2024. Biosynthesis of calcium oxide nanoparticles by employing Mulberry (*Morus nigra*) leaf extract as an efficient source for Rhodamine B remediation. *Scientific Reports* Vol.14(1) : 23744
- Niazi A, Mushtaq A, Ashraf Y, Elnaggar, Muhammad Z, Shazia S, Rozina, Salman M, Enas EH. 2021. Scanning electron microscopy as a tool for authentication of biodiesel synthesis from Linum usitatissimum seed oil. *Wiley* Vol. 85(4) : 1320-1331
- Ningtyas DP. (2013). Pengaruh Katalis Basa (NaOH) pada Tahap Reaksi Transesterifikasi terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin. *Jurnal Teknosains* Vol. 2(2)
- Obieogu KN, Ude CU, Onukwuli DO, Ezeugo J. 2024. Kinetics and soft computing evaluation of Linseed oil transesterification via CD-BaCl-IL catalyst. *Heliyon* Vol. 12(10) : 1016
- Oktaviana CA. 2014. Pembuatan Biodiesel melalui proses Adsorpsi dengan menggunakan Zeolit Alam Lampung dan Transesterifikasi Minyak Goreng

Bekas (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).

- Palupi PG S, Muchtar M, Sihombing PR. 2023. Pengaruh pajak karbon, penggunaan bahan bakar fosil, dan pertumbuhan pdb terhadap emisi karbon. *Jurnalku* Vol. 3(2) : 119-127
- Pandiangan M, Panjaitan D, Bangun AD. 2021. Analisis kandungan asam lemak pada minyak ikan belut. *Riset Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (RETIPA)* : 102-109
- Pratigo S, Istadi, Wardhani DH. 2019. Karakterisasi Katalis CaO dan Uji Aktivitas pada Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai. *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna* Vol. 15(2) : 57 – 64
- Prihanto A. Irawan TB. 2018. Pengaruh temperatur, konsentrasi katalis dan rasio molar metanol-minyak terhadap yield biodiesel dari minyak goreng bekas melalui proses netralisasi-transesterifikasi. *METANA* Vol.13 : 30-36
- Purwaningrum SD, Sukaryo S. 2020. Pengolahan limbah ikan menjadi biodiesel dengan radiasi mikrogelombang. *Jurnal Presipitasi Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan* Vol.17(1) : 38-43
- Putra WA, Amalita ANP, Wahyudi B. (2021). Biodiesel dari *Crude Fish Oil* (CFO) dengan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah. *Chempro* Vol. 2(2) : 18-23
- Rahardja B, Satyantini WH, Andry W. 2019. Perbandingan viskositas, titik nyala dan titik beku biodiesel dari rumput laut (*Eucheuma denticulatum*), minyak ikan lemuru (*Sardinella longiceps*) dan biodiesel komersil the comparison of viscosity, flash point and freeze point biodiesel of seagrass (*Eucheuma denticulatum*). *Ilmiah perikanan dan kelautan* Vol. 7(2) : 1-25
- Rahardja IB, Sukarman S, Ramadhan AI. 2019. Analisis kalori biodiesel *crude palm oil* (CPO) dengan katalis abu tandan kosong kelapa sawit (ATKKS). *Prosiding Semnastek*.
- Rahmatsyah R. 2021. Analisis pola struktur kalsium karbonat (CaCO_3) pada cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) di Bukit Kerang Kabupaten Aceh Tamiang. *Teori dan Aplikasi Fisika* Vol. 2 (1) : 43-52
- Ramadani R, Azhari A, Mulyawan R, ZA, N, Hakim L. 2023. Pembuatan biodiesel dari minyak biji kepayang menggunakan katalis basa heterogen dari limbah cangkang kerang darah. *Journal of Biodiesel Research and Innovation* Vol.1(1) : 9-16
- Rezablina M, Zamhari M, Zikri A. (2023). Proses transesterifikasi biodiesel menggunakan katalis sodium methoxide dan katalis berbasis karbon aktif dari tempurung kelapa yang diimpregnasi NaOH. *Serambi jurnaling* Vol. 8(4).

- Risnawati I. Kelayakan Dasar Pengolahan Ikan Lemuru (*sardinella lemuru*) Dalam Kaleng Dengan Media Saus Tomat di PT. SMS, Muncar-Jawa Timur. *In Proceedings of The Vocational Seminar on Marine & Inland Fisheries* (Vol. 2, No. 1, pp. 140-160)
- Riza M, Raida AI, Eko S. 2022. Pembuatan biodiesel minyak bekas penggorengan ikan sardin krispi (*Sardinella lemuru*) menggunakan metode transesterifikasi etanol. *Teknik* Vol. 1(1)
- Rozina, Mushtaq A, Muhammad Z, Zainab Y, Sher AU, Shazia S, Farhana B. 2021. Identification of novel, non-edible oil seeds via scanning electron microscopy as potential feedstock for green synthesis of biodiesel. *National Library Medicine* Vol. 1(1) : 1-10
- Samosir BGI, Aulia F, Buchori L. 2012. Pengaruh Katalis Asam (H_2SO_4) dan Suhu Reaksi Dalam Pembuatan Biodiesel dari Limbah Minyak Ikan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* Vol. 1(1) : 474-481
- Santoso H, Sutanto H, Budiman A. 2021. Biodiesel dari *Crude Fish Oil* (CFO) dengan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan* Vol. 5(1) : 1-8
- Sari RN, Utomo BSB, Basmal J, Kusumawati R. (2015). Pemurnian minyak ikan hasil sampling (*pre-cooking*) industri pengalengan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*). *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol.18(3) : 276-286
- Selvam C, Devarajan Y. (2025). *Sewage sludge as a sustainable feedstock for biodiesel: advances in conversion technologies and catalytic applications. Results in Engineering*, 104000
- Sendzikiene E, Santaraite M, Makareviciene V. 2020. Lipase-catalysed in situ transesterification of waste rapeseed oil to produce diesel-biodiesel blends. *Processes* Vol. 8(9) : 1118
- Shancita I, Masjuki AA, Kalam MA, Reham SS, Shair SA. 2016. Comparative analysis on property improvement using fourier transform infrared spectroscopy (ft-ir) and nuclear magnetic resonance (nmr) (1H and ^{13}C) spectra of various biodiesel blended fuels. *ACS Publications* Vol. 2(1) : 232-256
- Siswani, Endang D, Susila, Suwardi. 2012. Sintesis Dan Karakterisasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Pada Berbagai Waktu Dan Suhu, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan Mipa, Fakultas Mipa, Universitas Negeri Yogyakarta, 2 Juni 2012.
- SNI 7182 : 2015, Standar Mutu Biodiesel
- Soetaredjo FE, Laysandra L, Putro JN, SantosoSP, Angkawijaya AE, Yuliana M, Ismadji S. 2021. Ecological-safe and low-cost activated-bleaching earth: Preparation, characteristics, bleaching performance, and scale-up production. *Journal of Cleaner Production* Vol. 279 : 123793

- Solikhah MD, Pratiwi FT, Diaztuti MD. 2015. Penentuan metode analisis komposisi asam lemak dan metil ester pada biodiesel dengan GC-MS tanpa metilasi. *Prosiding Semnastek*.
- Sukandi, Rere AM, Sugih S, Lohot JP, Suryaningtyas, Dyah T. 2014. Produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis limbah cangkang kerang darah (*anadara granosa*). *Scientific* Vol. 2(2) : 1-15
- Suryatini KY, Made MN. 2023. Pemanfaatan potensi minyak goreng bekas (jelantah) sebagai biodiesel. *Edukasi Matematika dan Sains* Vol.12(1) : 116-124
- Tuslinah L, Ade YA, Devita S. 2023. Analisis kadar eugenol daun cengkeh (*Syzigium aromaticum*) hasil destilasi uap air menggunakan metode kromatografi gas-spektrometri massa. *Ilmiah Farmako Bahari* Vol. 2(1) : 1-10
- Wang S, Luis V, Ye H, Oliver F. 2023. Automatic assignment of molecular ion species to elemental formulas in gas chromatography/methane chemical ionization accurate mass spectrometry. *MDPI* Vol. 19(13) : 3390-3080
- Yaşar F. 2019. Evaluation of renewable energy source algae as biodiesel feedstock. *European Journal of Technique (EJT)* Vol. 9(2) : 298-311
- Yuhardi A, Helwani Z, Saputra E. Penggunaan katalis CaO dari Ca (NO₃)₂ dengan support serbuk besi pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit *off-grade* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Yusuff AS, Tanko NL, Azeez TM, Obende BA. 2022. Methanolysis of fresh and used soybean oil to biodiesel under mild conditions: process optimization, fuel quality characterization and thermal stability studies. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification* Vol. 182 : 109177
- Zuhra, Husni H, Fikri H, Wahyu R. 2015. Preparasi katalis abu kulit kerang untuk transesterifikasi minyak nyamplung menjadi biodiesel. *Agritech* Vol. 35(1) : 69-77
- Zulqarnain, Ayoub M, Yusoff MH, Nazir MH, Zahid I, Ameen M, Budi Nursanto, E. 2021. A comprehensive review on oil extraction and biodiesel production technologies. *Sustainability* Vol. 13(2) : 788