

**ANALISIS ASPEK TEKNIS, ASPEK FINANSIAL DAN ASPEK LINGKUNGAN
PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK GORENG PADA UMKM BAWANG GORENG
DAPUR EMA MENJADI BIODIESEL SEBAGAI UPAYA MENUJU
INDUSTRI BERKELANJUTAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SRATA SARJANA SATU (S1) PADA PROGRAM
STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS SULTAN AGUNG SEMARANG



DISUSUN OLEH

NILA IKRIMA AGUSTIA

NIM 31602100045

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

**ANALYSIS OF TECHNICAL, FINANCIAL AND ENVIRONMENTAL
ASPECTS OF PROCESSING WASTE COOKING OIL IN UMKM FRIED
ONION DAPUR EMA INTO BIODIESEL AS AN EFFORT TOWARDS
SUSTAINABLE INDUSTRY**

*THIS REPORT WAS MADE IN ORDER TO FULFILL ONE OF THE
REQUIREMENTS FOR OBTAINING A BACHELOR'S DEGREE (S1)
INDUSTRIAL ENGINEERING STUDY PROGRAM FACULTY OF
INDUSTRIAL TECHNOLOGY SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG*



Arranged By :

NILA IKRIMA AGUSTIA

NIM 31602100045

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS ASPEK TEKNIS, ASPEK FINANSIAL DAN ASPEK LINGKUNGAN PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK GORENG PADA UMKM BAWANG GORENG DAPUR EMA MENJADI BIODIESEL SEBAGAI UPAYA MENUJU INDUSTRI BERKELANJUTAN ini di susun oleh:

Nama : Nila Ikrima Agustia

NIM : 31602145

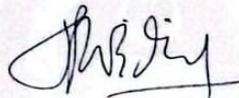
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Nurwidiana, ST., MT
NIK. 0604027901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri



Fatmawati S.T.M. Eng
NIDN. 0015117601

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS ASPEK TEKNIS, ASPEK FINANSIAL DAN ASPEK LINGKUNGAN PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK GORENG PADA UMKM BAWANG GORENG DAPUR EMA MENJADI BIODIESEL SEBAGAI UPAYA MENUJU INDUSTRI BERKELANJUTAN ini di susun oleh:

Nama : Nila Ikrima Agustia
NIM : 31602000045
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :
Tanggal :

TIM PENGUJI

Penguji 1

Penguji 2


Dr. Ir. Novi Maryana, ST., MT, IPU, ASEAN, Eng
NIDN. 0015117601


Wiwiek Fatmawati S.T.M, Eng
NIDN. 0015117601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nila Ikrima Agustia

NIM : 31602100045

Judul Tugas Akhir : Analisis Aspek Teknis, Aspek Finansial Dan Aspek Lingkungan Pengolahan Limbah Minyak Goreng Pada Umkm Bawang Goreng Dapur Ema Menjadi Biodiesel Sebagai Upaya Menuju Industri Berkelanjutan

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Mei 2025

Yang Menyatakan



Nila Ikrima Agustia

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, kesehatan dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam saya curahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Aspek Teknis, Aspek Finansial Dan Aspek Lingkungan Pengolahan Limbah Minyak Goreng Pada Umkm Bawang Goreng Dapur Ema Menjadi Biodiesel Sebagai Upaya Menuju Industri Berkelanjutan” saya persembahkan kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta. Mereka telah memberikan segala kasih sayang, dukungan, dan semangat yang tiada henti, sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas doa, harapan, dan dorongan yang luar biasa selama perjalanan pendidikan ini. Setiap langkah yang saya ambil tidak terlepas dari bimbingan dan pengorbanan mereka.

Segala pencapaian selama ini saya ucapkan kepada diri saya sendiri, karena sudah bertahan, bekerja keras untuk dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan tepat waktu dan saya menyadari bahwa setiap langkah, setiap tantangan, dan setiap pengorbanan yang telah saya lakukan adalah bagian penting dari perjalanan ini.

Saya berharap, dengan menyelesaikan tugas akhir ini, saya dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi masyarakat dan industri, serta menjadi kebanggaan bagi keluarga. Semoga apa yang telah saya pelajari selama ini dapat bermanfaat dan menjadi langkah awal untuk mencapai cita-cita yang lebih tinggi.

Terima kasih kepada semua yang telah mendukung saya. Semoga perjalanan ini bukanlah akhir, tetapi awal dari kesuksesan.

HALAMAN MOTTO

"Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar."

(QS.Ar-Rum:60)

"Tiada kejayaan semanis madu tanpa usaha sepahit empedu."

Sir Fathi



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Dengan izin-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Aspek Teknis, Aspek Finansial Dan Aspek Lingkungan Pada Pengolahan Limbah Minyak Goreng Pada Umkm Bawang Goreng Dapur Ema Menjadi Biodiesel Sebagai Upaya Menuju Industri Berkelanjutan” Sholawat serta salam senantiasa saya curahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi teladan bagi umatnya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Universitas Islam Sultan Agung pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri. Saya menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahman, rahim dan hidayah-Nya selama proses menuntut ilmu dan pendidikan.
2. Kedua orang tua penulis ibu Lasni dan bapak Juri sebagai pihak paling berjasa. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Semoga bapak ibu sehat, panjang umur dan bahagia selalu.
3. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., IPU., ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.
4. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.
5. Dosen Pembimbing, Ibu Dr. Nurwidiana ST., MT., yang telah membimbing penulis dalam proses penyelesaian laporan tugas akhir. Terimakasih yang sebesar besarnya atas waktu, kesabaran dan perhatian yang ibu berikan selama proses penulisan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan dan keberkahan.
6. Dosen Penguji 1, Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., IPU., ASEAN.Eng., yang telah memberikan arahan, kritik, maupun saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Dosen Penguji 2, Ibu Wiwiek Fatmawati S.T, M.Eng yang telah memberikan arahan, kritik, maupun saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Dosen dan laboran program studi Teknik Industri Unissula yang telah memberikan ilmu selama menjalani masa perkuliahan.
9. Pihak UMKM Bawang Goreng Dapur Ema yang telah mengizinkan dan membantu penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir.
10. Teman-teman saya yang selalu kebersamai ketika berada dibangku perkuliahan Putri Ananda Pratama, Nur Ela, Um Fitroti Untsa, Viena Fahira, Sri Lestari, Schazi Eza Hawa Leiluna, Arifah Candra Kirana.
11. Teman-teman Teknik Industri Angkatan 2021, yang telah menemani dalam proses perkuliahan.
12. Teruntuk diri saya, Nila Ikrima Agustia yang telah berjuang dan berproses dalam menjalani hidup dan tidak pantang menyerah dalam menyelesaikan segala ujian serta dapat menjadi pribadi yang kuat dalam segala kondisi. Semoga selalu diberi kemudahan dan diberkahi oleh Allah SWT dalam setiap langkah, dan sukses di masa yang akan datang.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dan kekeliruan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan memperbaiki diri agar dapat menghasilkan karya yang lebih baik di masa yang akan datang.

Semarang, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Mahasiswa	6
1.5.2 Universitas	6
1.5.3 Perusahaan	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Limbah Minyak Goreng	18
2.2.2 Proses Pengolahan Limbah Minyak Goreng menjadi Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi.....	19

2.2.3 Analisis Teknis Studi Kelayakan Bisnis	20
2.2.4 Analisis Finansial	22
2.2.5 Sustainable Manufacturing.....	23
2.2.6 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	26
2.3 Hipotesa dan kerangka teoritis.....	27
2.3.1 Hipotesa	27
2.3.2 Kerangka Teoritis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Objek Penelitian.....	30
3.2 Tahapan Penelitian.....	30
3.2.1 Observasi Awal	30
3.2.2 Studi Literatur	30
3.2.3 Pengumpulan Data.....	30
3.2.4 Teknik Pengolahan Data.....	31
3.2.5 Analisa dan Interpretasi	33
3.2.6 Pengujian Hipotesis.....	34
3.3 <i>Flowchart</i> penelitian.....	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Limbah Minyak Goreng.....	37
4.2 Uji Coba Pembuatan Biodiesel.....	37
4.3 Analisa Aspek Teknik.....	44
4.3.1 Rencana Kapasitas Produksi.....	45
4.3.2 Peralatan	45
4.3.3 Bahan baku	48
4.3.4 Tenaga kerja.....	49
4.3.5 Tata Letak Lantai Produksi	50
4.4 Analisa Aspek Finansial.....	51
4.4.1 Biaya Investasi awal.....	51
4.4.2 Estimasi pendapatan	54
4.4.3 Perhitungan analisis ekonomi.....	55
4.5 Analisa Aspek Lingkungan.....	58
4.5.1 <i>Life Cycle Inventory (LCI)</i>	58
4.5.2 Proses Pengolahan Limbah Minyak Goreng Menjadi Biodiesel dengan <i>Software Openlca</i>	58

4.5.3 Hasil Pengolahan Limbah Minyak Goreng Menjadi Biodiesel dengan <i>Software</i> Openlca	62
4.5.4 Perbandingan Penanganan Limbah	64
4.6 Analisa Hipotesa	68
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72

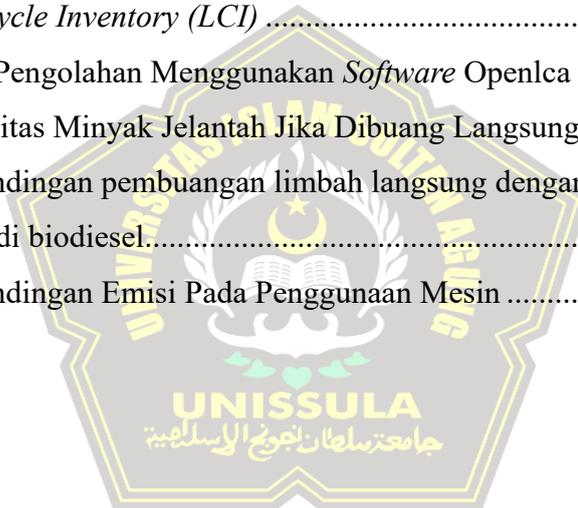
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



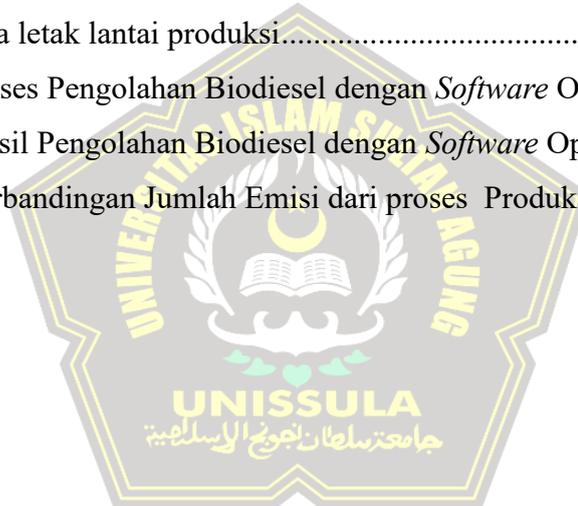
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Harga Biodiesel	2
Tabel 2.1	Tinjauan Pustaka	13
Tabel 4.1	Perbandingan Rasio Sampel.....	38
Tabel 4.2	Massa Spectroscopy (MS) senyawa hasil reaksi transesterifikasi	43
Tabel 4.3	Syarat Mutu Biodiesel.....	44
Tabel 4.4	Peralatan Produksi.....	46
Tabel 4.5	Biaya Investasi Awal	46
Tabel 4.6	Rekapitulasi Nilai Penyusutan Alat Produksi.....	53
Tabel 4.7	Biaya Bahan Baku.....	53
Tabel 4.8	<i>Life Cycle Inventory (LCI)</i>	58
Tabel 4.9	Hasil Pengolahan Menggunakan <i>Software Openlca</i>	63
Tabel 4.10	Toksisitas Minyak Jelantah Jika Dibuang Langsung ke Lingkungan	65
Tabel 4.11	Perbandingan pembuangan limbah langsung dengan pengolahan menjadi biodiesel.....	66
Tabel 4.12	Perbandingan Emisi Pada Penggunaan Mesin	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Limbah Minyak Goreng	3
Gambar 2.1	Kerangka Teoritis	29
Gambar 3.1	Diagram Alir	36
Gambar 4.1	Limbah minyak goreng.....	38
Gambar 4. 2	Campuran katalis metanol dan KOH.....	39
Gambar 4. 3	Pencampuran limbah minyak goreng dan katalis	39
Gambar 4.4	Proses pengendapan.....	40
Gambar 4.5	Proses pemurnian.....	40
Gambar 4.6	Hasil pengolahan	41
Gambar 4.7	Hasil Uji GC-MS.....	42
Gambar 4.8	Tata letak rantai produksi.....	50
Gambar 4.9	Proses Pengolahan Biodiesel dengan <i>Software</i> OpenLCA.....	60
Gambar 4.10	Hasil Pengolahan Biodiesel dengan <i>Software</i> OpenLCA	62
Gambar 4.11	Perbandingan Jumlah Emisi dari proses Produksi	67



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Hasil Uji Densitas

Lampiran 2 Laporan Hasil Uji Viskositas



ABSTRAK

UMKM Bawang Goreng Dapur Ema merupakan usaha mikro kecil menengah yang memproduksi bawang goreng. Limbah minyak goreng yang dihasilkan dari penggorengan berpotensi membahayakan kesehatan dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini mengidentifikasi pemanfaatan limbah minyak goreng dari UMKM Bawang Goreng "Dapur Ema" di Kabupaten Pati sebagai bahan baku biodiesel melalui proses transesterifikasi. Dengan kapasitas produksi 15 liter/produksi dalam tiga kali produksi sebulan. Hasil eksperimen menunjukkan kadar metil ester sebesar 96,72% dan viskositas 5,6 mm²/s yang sudah memenuhi standar SNI meskipun uji densitas sebesar 0,90 kg/cm³ belum memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Proses produksi melibatkan satu karyawan dan memerlukan area seluas 48 m². Dari analisis finansial, usaha ini terbukti layak dengan pendapatan bulanan sebesar Rp602.000 dan keuntungan bersih Rp120.231. Metode Net Present Value (NPV) menunjukkan nilai positif Rp4.815.737, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 63,16%, dan Payback Period selama 0,45 tahun (5,4 bulan) menandakan potensi investasi yang menguntungkan. Selain itu, dampak lingkungan dari proses transesterifikasi jauh lebih rendah dibandingkan pembuangan limbah minyak secara langsung, mengurangi potensi pencemaran air, tanah, dan emisi karbon, serta mendukung prinsip ekonomi sirkular dan industri berkelanjutan. Dalam perbandingan dengan solar ditinjau dari proses produksi biodiesel dari limbah minyak menghasilkan emisi terendah sebesar 2,26 kg CO₂ eq/L B30 dan ditinjau dari penggunaan pada mesin emisi NO, emisi CH, emisi partikulat dan Emisi SO₂ solar lebih besar menghasilkan emisi dibandingkan limbah minyak sedangkan Emisi CO limbah minyak lebih besar dibandingkan minyak solar. Dengan demikian, usaha pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng memiliki prospek yang sangat baik dan layak untuk dikembangkan.

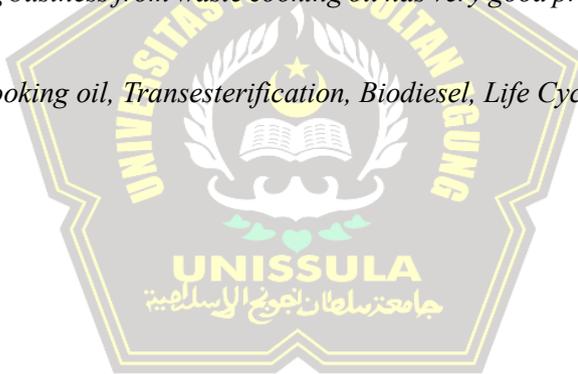
Kata kunci : Limbah minyak goreng, *Transesterifikasi*, Biodiesel, *Life Cycle Assessment*.



ABSTRACT

UMKM Bawang Goreng Dapur Ema is a small and medium-sized enterprise that produces fried shallots. The waste cooking oil generated from frying poses potential health and environmental risks if not managed properly. This study identifies the utilization of waste cooking oil from UMKM Bawang Goreng "Dapur Ema" in Pati Regency as a raw material for biodiesel through the transesterification process, with a production capacity of 15 liters per production cycle conducted three times a month. Experimental results show a methyl ester content of 96.72% and a viscosity of 5.6 mm²/s, which meet SNI standards, although the density test result of 0.90 kg/cm³ does not meet the established quality standards. The production process involves two employees and requires an area of 48 m². Financial analysis indicates that this venture is feasible, with a monthly profit of Rp531,560 and a net profit of Rp70,440. The Net Present Value (NPV) method shows a positive value of Rp2,572,380, an Internal Rate of Return (IRR) of 69.36%, and a Payback Period of 0.74 years (8.9 months), indicating a potentially profitable investment. Furthermore, the environmental impact of the transesterification process is significantly lower compared to the direct disposal of waste oil, reducing the potential for water and soil pollution, as well as carbon emissions, while supporting the principles of a circular economy and sustainable industry. In comparison to diesel, the biodiesel production process generates the lowest emissions of 2.26 kg CO₂ eq/L B30 and reviewed from the use of NO emission engines, CH emissions, particulate emissions and SO₂ emissions, diesel produces greater emissions than waste oil while CO emissions from waste oil are greater than diesel oil. Thus, the biodiesel processing business from waste cooking oil has very good prospects and is worthy of being developed..

Keywords: Waste cooking oil, Transesterification, Biodiesel, Life Cycle Assessment.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah minyak goreng merupakan minyak yang sudah digunakan berulang kali untuk memasak atau menggoreng makanan serta mengalami perubahan kualitas akibat proses penggorengan. Limbah minyak goreng merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari industri makanan berskala besar maupun berskala kecil terutama industri yang di mana bahan baku utamanya adalah minyak goreng sebagai proses produksinya. Menurut Hayati et al., (2024) jika minyak jelantah digunakan secara terus-menerus, dapat membahayakan kesehatan manusia, menyebabkan penyakit kanker, dan dapat mengurangi kecerdasan generasi mendatang. Oleh karena itu, diperlukan penanganan yang tepat agar tidak membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia.

Menurut Yang et al., (2015) pemanfaatan kembali bahan baku yang sudah digunakan memberikan keuntungan dari segi ekonomi dan segi lingkungan. Penanganan limbah minyak goreng dapat dilakukan dengan mengurangi penggunaan minyak dalam proses memasak, menggunakan kembali minyak yang masih bersih, serta mendaur ulang limbah minyak menjadi produk bernilai tambah seperti biodiesel, lilin aroma terapi atau sabun pencuci piring. Prinsip ini mendorong pemanfaatan limbah sebagai bahan baku yang dapat diolah kembali menjadi produk bernilai tambah, mengurangi beban limbah yang harus dikelola, dan mengurangi penggunaan sumber daya alam baru.

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan karena proses produksinya menggunakan bahan baku alami seperti minyak nabati atau lemak hewani. Dalam beberapa bulan terakhir, harga biodiesel menunjukkan tren kenaikan akibat meningkatnya permintaan global akan bahan bakar. Kenaikan harga ini menciptakan peluang usaha di bidang produksi biodiesel, khususnya dari bahan baku non-konvensional seperti limbah minyak goreng. Limbah ini relatif murah, melimpah dan memiliki nilai tambah tinggi ketika diolah menjadi biodiesel. Selain itu, pemanfaatan limbah minyak goreng dapat mendukung pengurangan

limbah rumah tangga dan industri dan sebagai respons terhadap tantangan kenaikan harga biodiesel serta perlunya pengelolaan limbah yang efisien. Melalui inovasi teknologi, proses konversi limbah minyak goreng menjadi biodiesel dapat dioptimalkan, baik dari segi biaya produksi maupun kualitas produk yang dihasilkan. Adapun harga kenaikan biodiesel terdapat pada tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1.1 Harga Biodiesel

Bulan	Harga
Juli 2024	Rp 12.161
Agustus 2024	Rp 12.382
September 2024	Rp 12.508
Oktober 2024	Rp 12.633

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2024.

Penggunaan biodiesel dari minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin kapal nelayan memiliki potensi besar, terutama karena harganya yang lebih murah dibandingkan solar konvensional. Selain mengurangi biaya operasional nelayan, pemanfaatan ini juga berkontribusi terhadap pengurangan pencemaran lingkungan laut akibat pembuangan limbah minyak dan emisi gas buang dari bahan bakar fosil. Menurut (Pratama *et al.*, 2022) bahwa biodiesel dari jelantah memiliki biaya produksi yang lebih rendah dan dapat menghemat pengeluaran bahan bakar hingga 20–30% dibandingkan penggunaan solar murni. Dengan demikian, biodiesel dari jelantah menjadi solusi strategis yang ekonomis dan berkelanjutan untuk sektor perikanan rakyat.

Bawang Goreng “Dapur Ema” adalah sebuah usaha mikro kecil menengah yang berada di desa Tegalarjo Kecamatan Trangkil Kabupaten Pati. UMKM ini bergerak dalam produksi pengolahan bawang merah goreng yang didistribusikan ke pasar tradisional di Kabupaten Pati hingga rumah makan di luar kota. Dalam sehari UMKM bawang goreng “Dapur Ema” mampu memproduksi bawang merah goreng sebanyak 30kg dengan 7 karyawan untuk memenuhi permintaan pelanggan. Dalam proses produksinya digunakan 20 liter minyak goreng yang menyisakan 5 liter limbah minyak goreng dan sisa minyak penirisan. Limbah minyak didapatkan dari penggorengan bawang merah yang sudah digunakan lebih dari tiga kali. Penumpukan limbah ini terjadi karena minimnya pengetahuan dan edukasi pelaku

industri kecil mengenai teknologi pengolahan limbah, serta kurangnya pemahaman UMKM terhadap teknik pengolahan limbah minyak dan manfaat jangka panjang yang dapat diperoleh.



Gambar 1.1 limbah minyak goreng

Sumber : UMKM Bawang Goreng “Dapur Ema”

Dalam pengolahannya ada banyak metode alternatif yang bisa digunakan untuk mengolah limbah minyak goreng untuk memberikan nilai tambah seperti pembuatan lilin aroma terapi yang digunakan sebagai pewangi aromatik atau sebagai bahan pembuatan sabun cuci piring dan detergen. Secara ekonomi, konversi limbah minyak goreng menjadi biodiesel dapat mengurangi biaya bahan bakar serta membuka peluang bisnis baru dalam pengolahan limbah. Biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak goreng merupakan bahan bakar alternatif yang lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya lokal. Pratiwi and Prihatiningtyas (2016).

Dalam pengolahan limbah minyak goreng, terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Metode esterifikasi dapat mengubah asam lemak bebas (FFA) dalam limbah minyak goreng menjadi alkali ester dengan menggunakan alkohol dan katalis asam yang memiliki kelemahan dalam hal efisiensi waktu dan hasil yang lebih rendah. Sedangkan transesterifikasi adalah proses yang lebih umum digunakan untuk menghasilkan biodiesel dari trigliserida dalam minyak, di mana minyak jelantah dicampur dengan metanol dan katalis basa, seperti natrium hidroksida (NaOH). (Pratiwi and Prihatiningtyas,

2016). Proses ini biasanya lebih cepat dan menghasilkan biodiesel dengan optimal serta kemurnian yang lebih baik, karena reaksi berlangsung satu arah dan tidak bersifat reversibel, sehingga memaksimalkan konversi trigliserida menjadi biodiesel Pratiwi and Prihatiningtyas (2016). Oleh karena itu, transesterifikasi dianggap sebagai metode yang lebih baik untuk pengolahan limbah minyak goreng karena kemampuannya untuk menghasilkan biodiesel dengan efisiensi tinggi dan waktu reaksi yang lebih singkat.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan, limbah minyak goreng mulai dilihat sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali, salah satunya adalah dengan mengolahnya menjadi biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak goreng menawarkan solusi yang ramah lingkungan sebagai bahan bakar alternatif. Dalam membangun usaha biodiesel dari limbah minyak goreng, analisis dilakukan dengan fokus pada tiga aspek utama yaitu aspek teknis, finansial, dan lingkungan. Pemilihan ketiga aspek ini didasarkan pada keberlangsungan dan dampak usaha. Aspek teknis untuk menentukan keberhasilan proses produksi biodiesel melalui transesterifikasi dan kualitas produk yang dihasilkan. Aspek finansial penting untuk menilai kelayakan usaha secara ekonomi melalui perhitungan biaya pendapatan dan pengeluaran. Sementara itu, aspek lingkungan menjadi perhatian utama karena usaha ini bertujuan mengurangi dampak negatif dari pembuangan limbah minyak goreng. Aspek lain seperti pasar, hukum, dan sumber daya manusia dianggap tidak menjadi prioritas utama karena skala usaha yang masih kecil dan bersifat lokal. Menurut (Pratiwi, *et.al* 2021) pendekatan terbatas namun fokus pada aspek paling esensial dapat memberikan hasil analisis yang lebih tajam dan relevan dalam studi kelayakan usaha berbasis lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas:

1. Bagaimana analisis teknis pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi?
2. Bagaimana analisis finansial pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi?
3. Apa dampak lingkungan dari proses transesterifikasi limbah minyak goreng menjadi biodiesel jika dibandingkan dengan pembuangan limbah minyak secara langsung?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah dengan tujuan awal penelitian tidak menyimpang, diantaranya yaitu:

1. Penelitian ini dibatasi hanya pada satu UMKM yaitu UMKM Bawang Goreng “Dapur Ema” di Kabupaten Pati dan limbah minyak goreng yang dianalisis berasal dari proses penggorengan bawang goreng
2. Penelitian hanya akan fokus pada Analisa Teknis, Analisis Finansial dan Analisis dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pengolahan limbah tersebut.
3. Data penelitian pada periode bulan Oktober - Mei 2025.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui analisis teknis terkait pelaksanaan dalam pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi di UMKM Bawang Goreng “Dapur Ema”.
2. Untuk mengetahui analisis biaya operasional pada setiap tahap proses transesterifikasi limbah minyak goreng menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi.
3. Untuk mengetahui perbandingan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pengolahan limbah minyak goreng.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.5.1 Mahasiswa

1. Memberikan peluang bagi penulis untuk mengaplikasikan teori-teori yang sudah dipelajari.
2. Sebagai salah satu syarat dan kewajiban dalam menempuh ujian akhir sarjana di fakultas teknologi industri untuk meraih gelar sarjana.

1.5.2 Universitas

1. Sebagai bahan masukan bagi universitas untuk memperbaiki praktik-praktik pembelajaran agar dosen lebih kreatif, efektif dan efisien sehingga kualitas pembelajaran dan hasil belajar mahasiswa meningkat.
2. Mendorong terwujudnya budaya penelitian kajian keilmuan.

1.5.3 Perusahaan

1. Memberikan informasi mengenai tata cara pengolahan limbah dengan fokus terhadap analisis teknis dan analisis finansial.
2. Memberikan informasi dampak lingkungan pengolahan limbah yang efektif dan ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berikut digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini untuk mencapai penyusunan dan pembahasan secara sistematis serta terarah pada permasalahan yang ada:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan yang terdapat pada UMKM Bawang Goreng Dapur Ema, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan penyusunan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Selain konsep dan teori terkait tata analisa teknis, analisa finansial dan analisa dampak lingkungan yang diperoleh untuk memecahkan permasalahan penelitian

dari berbagai sumber yang menjadi dasar penelitian ini, bab ini juga memuat tinjauan dan penilaian terhadap penelitian ataupun referensi-referensi yang berkaitan dengan analisa teknis, analisa finansial dan analisa dampak lingkungan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang uraian secara rinci mengenai analisa teknis, analisa finansial dan analisa dampak lingkungan yang digunakan untuk menjawab permasalahan pada UMKM Bawang Goreng Dapur Ema dan mencapai tujuan penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengolahan dan analisis data meliputi penyajian data terkait penelitian serta penyelesaian permasalahan selama penelitian serta memaparkan hasil analisis terhadap perolehan data dari objek penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di UMKM Bawang Goreng Dapur Ema menggunakan analisa teknis, analisa finansial dan analisa dampak lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dalam penulisan tugas akhir ini berdasarkan referensi beberapa jurnal penelitian dari peneliti sebelumnya. Berdasarkan literatur pada tabel 2.1 terdapat beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Dari jurnal dengan judul “Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah” oleh Kapuji & Sjahrul Hadi (2008) yang menunjukkan adanya Peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengakibatkan penurunan cadangan BBM fosil sehingga dilakukan penelitian dengan metode proses transesterifikasi dan Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa struktur senyawa yang dihasilkan dari biodiesel minyak goreng bekas adalah *metil ester oleat*, *metil ester palmitat*, *metil ester stearat*, *metil ester risinoleat*, *metil ester tridekanoat*, dan *metilester arachidat*. Karakteristik sifat fisik biodiesel secara umum telah memenuhi standar SNI-04-7182-2006, kecuali temperatur *destilasi* 90% vol biodiesel yang dihasilkan telah melampaui syarat mutu SNI-04- 7182-2006, namun dinilai masih memenuhi persyaratan biosolar.

Dari jurnal dengan judul “Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel” oleh Setiawati Evy (2012) yang menunjukkan adanya Peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengakibatkan penurunan cadangan BBM fosil sehingga dilakukan upaya pencarian bahan bakar alternatif sehingga dilakukan penelitian dengan metode Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi dan Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Teknik Mikrofiltrasi digunakan untuk penurunan kadar asam lemak bebas sebesar 13%-72% dilanjutkan proses transesterifikasi selama 60 menit yang menghasilkan senyawa *metil ester oleat*, *metil ester palmitat*, *metil ester stearat*, *metil ester risinoleat*, *metil ester tridekanoat*, dan *metilester arachidat* dan memenuhi standar SNI-04-7182-2006.

Dari jurnal dengan judul “Perbandingan Proses Esterifikasi dan Esterifikasi - Trans-esterifikasi dalam Pembuatan Biodisel dari Minyak Jelantah” oleh Pratiwi and Prihatiningtyas(2016) yang menunjukkan adanya Perkembangan kebutuhan energi yang dinamis di tengah semakin terbatasnya cadangan energi fosil serta kepedulian terhadap kelestarian lingkungan hidup, menyebabkan perhatian terhadap energi terbarukan semakin meningkat, terutama terhadap sumber-sumber energi terbarukan sehingga dilakukan penelitian dengan metode Proses Esterifikasi dan Esterifikasi -Trans-esterifikasi dan Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses 2 tahap (esterifikasi dilanjutkan dengan trans-esterifikasi) lebih baik dibandingkan dengan proses 1 tahap (esterifikasi). Hal ini dikarenakan yield yang dihasilkan dengan proses 2 tahap lebih tinggi yaitu sebesar 62,667% dibandingkan dengan proses 1 tahap sebesar 48%.

Dari jurnal dengan judul “*Cost-Benefit Analysis* Pemanfaatan Limbah Ikan di Sentra Kerupuk Ikan Sei. Lekop, Kabupaten Bintan” oleh Erfanita (2024) yang menunjukkan adanya Limbah ikan yang tidak dikelola dengan baik sehingga menyebabkan polusi air dan tanah serta masalah kesehatan sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Cost-Benefit Analysis* dan Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pemanfaatan limbah ikan menjadi tepung ikan di Sentra Kerupuk Ikan Sei Lekop berpotensi memberikan manfaat ekonomi dengan hasil perhitungan NPV Rp 452,315,070 IRR 28,23% dan *payback* Period 4 tahun.

Dari jurnal dengan judul “Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan *Cost Benefit Analysis* Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung” oleh Phelia and Sinia(2021) yang menunjukkan adanya Penumpukan sampah mencapai 1000 ton/hari dengan sistem kumpul-angkut-buang sehingga menumpuk di TPA serta tidak adanya lahan pengolahan sampah di kelurahan kedamaian kota bandar lampung sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Cost-Benefit Analysis* dan hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa hasil perhitungan skenario B dengan meningkatkan pelayanan dan efektivitas fasilitas pengolahan menjadi 100% di Tahun 2025 untuk pengembangan TPS-3R didapatkan nilai BCR sebesar 1,20 dengan nilai NPV yaitu Rp. 218.447.621.

Dari jurnal dengan judul “*Cost Benefit Analysis (CBA) Program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Susu Pada Karyawan di PT. Trisula Textile Industries Tbk Cimahi Tahun 2018*” oleh Rahmiyati *et al.*, (2019) dalam upaya Pemberian susu bagi pegawai sebagai upaya tambahan makanan untuk menambah asupan gizi agar tercapainya status gizi yang baik dengan perhitungan metode *Cost-Benefit Analysis* menunjukkan Hasil perhitungan nilai NPV pada program PMT susu adalah Rp. 23.534.448,76,-. Hasil perhitungan rasio *benefit-cost* adalah sebesar 2,50 (hasil rasio ≥ 1), artinya program PMT susu tersebut diterima dan layak untuk tetap berlangsung.

Dari jurnal dengan judul “Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus Tpa Bakung Kota Bandar Lampung)” oleh Phelia and Damanhuri (2019) yang menunjukkan peningkatan jumlah timbulan sampah dan skenario pengembangan sistem pengelolaan sampah di TPA melalui pendekatan *Cost Benefit Analysis (CBA)* sehingga efisiensi dari segi biaya ekonomi serta daerah pelayanan untuk Kota Bandar Lampung dengan metode *Cost-Benefit Analysis* dan Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Hasil analisis TPA menggunakan metode ARRPET didapatkan nilai indeks risiko sebesar 476,962 dimana tindakan yang direkomendasikan adalah segera merehabilitasi TPA menjadi TPA berkelanjutan dan dengan metode CBA pada skenario A pada sistem pengelolaan sampahnya perlu dilakukan pengembangan lanjutan, skenario B dilakukan dengan meningkatkan pelayanan menjadi 100% hingga tahun 2037, sedangkan untuk skenario C difokuskan pada peningkatan penanganan sebesar 70% hingga tahun 2037 dengan dipertimbangkan sebagai skenario terpilih Oleh karena itu perlunya pemerintah dalam mensubsidi kegiatan pengelolaan sampah untuk TPS 3R maupun pengelolaan TPA, sehingga pelayanan persampahan perkotaan dapat memenuhi target capaian dengan maksimal.

Dari jurnal dengan judul “Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode *Life Cycle Analysis* (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)” oleh Susanto and Putranto (2022) yang menunjukkan adanya Dampak negatif terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh besarnya limbah cair yang dihasilkan, penggunaan zat pewarna sintesis pada limbah

cair yang dihasilkan sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Life Cycle Analysis* dan Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil perhitungan LCA dengan *software* OpenLCA v.9.0.0.49 didapatkan nilai *eco-cost* produk batik encim sebesar Rp 699.373,647 untuk 10 batik encim atau setara Rp 69.937,365 untuk selembarnya dan nilai EEI sebesar 1,178 pada kategori nilai lebih dari 1, hal ini menunjukkan bahwa produk sudah *affordable* dan *sustainable*.

Dari jurnal dengan judul “Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)” oleh Irawati and Andrian (2018) yang menunjukkan adanya Analisa dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses pengolahan air dengan proses menghilangkan kotoran dalam sumber air sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Life Cycle Analysis* dan Hasil dari penelitian ini menghasilkan informasi berupa *network*, *characterization impact assessment*, *normalization impact assessment*, dan *single score*. Dari 4 input tersebut, kegiatan proses produksi air di IPAM Babat yang berkontribusi terbesar pada dampak lingkungan adalah penggunaan natural gas atau energi listrik.

Dari jurnal dengan judul “Evaluasi Dampak Proses Produksi Dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizone Terhadap Lingkungan Dengan Metode *Life Cycle Assessment*” oleh Hamonangan, Handayani and Bakhtiar (2017) yang menunjukkan adanya Identifikasi dampak-dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses produksi dan proses pengolahan limbah Mizone sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Life Cycle Analysis* dan Hasil dari penelitian ini didapatkan adanya potensi pemanasan global, penipisan lapisan ozon, pengasaman, eutrofikasi, asap fotokimia, pencemaran air, pencemaran tanah, limbah berbahaya, dan abu dan rekomendasi untuk meminimalkan dampak lingkungan dengan cara Melakukan perawatan mesin secara berkala, Penggantian penggunaan bahan baku untuk boiler pada proses pasteurisasi, Melakukan pertimbangan mengenai substitusi bahan kemasan PET menjadi berbahan karton, Mengganti proses pengolahan limbah yang tadinya secara aerob dan anaerob menjadi pengolahan limbah secara aerob.

Dari jurnal dengan judul “Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan *Life Cycle Assessment (Lca)*” oleh Astuti (2019) yang menunjukkan Dampak negatif budidaya tebu terhadap lingkungan sehingga diperlukan upaya untuk meminimalisir dampak negatif tersebut melalui efisiensi konsumsi energi, konsumsi sumber daya alam (SDA), serta pengelolaan limbah dan emisi sehingga dilakukan penelitian dengan metode *Life Cycle Analysis* dan Hasil analisis dampak (*Life Cycle Impact Assessment*) menggunakan *software* OpenLCA 1.6 menunjukkan dampak lingkungannya adalah *climate change*, *eutrophication*, *acidification*, *human toxicity*, dan *photochemical oxidation* dan Alternatif perbaikan yang direkomendasikan, diantaranya mengganti atau mengurangi pemakaian pupuk anorganik dengan pupuk kompos (pupuk organik) serta pembakaran terbuka limbah pascapanen.



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

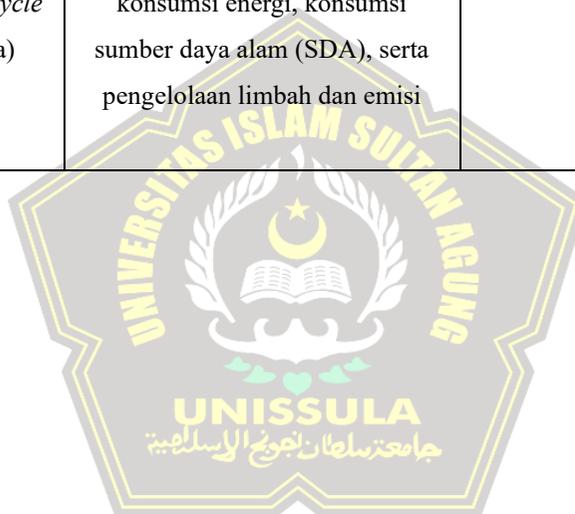
No	Penulis	Sumber	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
1	(Kapuji & , Sjahrul Hadi, 2008)	Jurnal Chemtech Teknik Kimia Universitas Serang Raya	Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah	Peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengakibatkan penurunan cadangan BBM fosil.	proses transesterifikasi	Struktur senyawa yang dihasilkan dari biodiesel minyak goreng bekas adalah metil ester oleat, metil ester palmitat, metil ester stearat, metil ester risinoleat, metil ester tridekanoat, dan metilester arachidat. Karakteristik sifat fisik biodiesel secara umum telah memenuhi standar SNI-04-7182-2006, kecuali temperatur destilasi 90% vol biodiesel yang dihasilkan telah melampaui syarat mutu SNI-04- 7182-2006, namun dinilai masih memenuhi persyaratan biosolar.
2	(Setiawati, Evy, 2012)	Jurnal Riset Industri Vol. VI No.2, 2012, Hal 1- 11	Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel	Peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengakibatkan penurunan cadangan BBM fosil sehingga dilakukan upaya pencarian bahan bakar alternatif	Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi	Teknik Mikrofiltrasi digunakan untuk penurunan kadar asam lemak bebas sebesar 13%-72% dilanjutkan proses transesterifikasi selama 60 menit yang menghasilkan senyawa metil ester oleat, metil ester palmitat, metil ester stearat, metil ester risinoleat, metil ester tridekanoat, dan metilester arachidat dan memenuhi standar SNI-04-7182-2006
3	(Pratiwi and Prihatiningty as, 2016)	Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan	Perbandingan Proses Esterifikasi dan	Perkembangan kebutuhan energi yang dinamis di tengah semakin terbatasnya cadangan energi fosil	Proses Esterifikasi dan Esterifikasi -	Pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses 2 tahap (esterifikasi dilanjutkan dengan trans-esterifikasi) lebih baik dibandingkan dengan proses 1 tahap

		Sumber Daya Alam Indonesia ISSN 1693-4393	Esterifikasi -Trans-esterifikasi dalam Pembuatan Biodisel dari Minyak Jelantah	serta kepedulian terhadap kelestarian lingkungan hidup, menyebabkan perhatian terhadap energi terbarukan semakin meningkat, terutama terhadap sumber-sumber energi terbarukan.	Trans-esterifikasi	(esterifikasi). Hal ini dikarenakan yield yang dihasilkan dengan proses 2 tahap lebih tinggi yaitu sebesar 62,667% dibandingkan dengan proses 1 tahap sebesar 48%.
4	(Erfanita, 2024)	Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan	<i>Cost-Benefit Analysis</i> Pemanfaatan Limbah Ikan di Sentra Kerupuk Ikan Sei. Lekop, Kabupaten Bintan	Limbah ikan yang tidak dikelola dengan baik sehingga menyebabkan polusi air dan tanah serta masalah kesehatan	<i>Cost-Benefit Analysis</i>	Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pemanfaatan limbah ikan menjadi tepung ikan di Sentra Kerupuk Ikan Sei Lekop berpotensi memberikan manfaat ekonomi dengan hasil perhitungan NPV Rp 452,315,070 IRR 28,23% dan payback Period 4 tahun
5	(Rahmiyati et al., 2019)	Jurnal Ekonomi Kesehatan Indonesia volume 3 nomor 1	<i>Cost Benefit Analysis</i> (CBA) Program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Susu Pada Karyawan di PT. Trisula Textile Industries Tbk Cimahi Tahun 2018	Pemberian susu bagi pegawai sebagai upaya tambahan makanan untuk menambah asupan gizi agar tercapainya status gizi yang baik	<i>Cost-Benefit Analysis</i>	Hasil perhitungan nilai NPV pada program PMT susu adalah Rp. 23.534.448,76,-. Hasil perhitungan rasio benefit-cost adalah sebesar 2,50 (hasil rasio ≥ 1), artinya program PMT susu tersebut diterima dan layak untuk tetap berlangsung.
6	(Phelia and Damanhuri, 2019)	Jurnal Teknik Lingkungan Volume 25	Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem	. Peningkatan jumlah timbulan sampah dan skenario pengembangan sistem	<i>Cost-Benefit Analysis</i> dan	Hasil analisis TPA menggunakan metode ARRPEP didapatkan nilai indeks risiko sebesar 476,962 dimana tindakan yang direkomendasikan adalah segera

		Nomor 2, Oktober 2019 (Hal 85 - 100)	Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus Tpa Bakung Kota Bandar Lampung)	pengelolaan sampah di TPA melalui pendekatan Cost Benefit Analysis (CBA) sehingga efisiensi dari segi biaya ekonomi serta daerah pelayanan untuk Kota Bandar Lampung	Metode ARRPET	merehabilitasi TPA menjadi TPA berkelanjutan dan dengan metode CBA pada skenario A pada sistem pengelolaan sampahnya perlu dilakukan pengembangan lanjutan, skenario B dilakukan dengan meningkatkan pelayanan menjadi 100% hingga tahun 2037, sedangkan untuk skenario C difokuskan pada peningkatan penanganan sebesar 70% hingga tahun 2037 dengan dipertimbangkan sebagai skenario terpilih Oleh karena itu perlunya pemerintah dalam mensubsidi kegiatan pengelolaan sampah untuk TPS 3R maupun pengelolaan TPA, sehingga pelayanan persampahan perkotaan dapat memenuhi target capaian dengan maksimal.
7	(Susanto and Putranto, 2022)	JURNAL ILMU LINGKUNGAN Volume 20 Issue 3 (2022) : 654-664	Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode <i>Life Cycle Analysis</i> (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)	Dampak negatif terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh besarnya limbah cair yang dihasilkan, penggunaan zat pewarna sintesis, dan sebagainya	<i>Life Cycle Analysis</i>	hasil perhitungan LCA dengan software OpenLCA v.9.0.0.49 didapatkan nilai eco-cost produk batik encim sebesar Rp 699.373,647 untuk 10 batik encim atau setara Rp 69.937,365 untuk selembarnya dan nilai EEI sebesar 1,178 pada kategori nilai lebih dari 1, hal ini menunjukkan bahwa produk sudah affordable dan sustainable

8	(Irawati and Andrian, 2018)	Jurnal Teknik Industri, Vol. 19, No. 2, Agustus 2018, pp. 166-177	Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan <i>Metode Life Cycle Assessment</i> (LCA)	Analisa dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses pengolahan air dengan proses menghilangkan kotoran dalam sumber air	<i>Life Cycle Analysis</i>	Hasil pengolahan dengan Life Cycle Assessment menghasilkan informasi berupa network, characterization impact assessment, normalization impact assessment, dan single score. Dari 4 input tersebut, kegiatan proses produksi air di IPAM Babat yang berkontribusi terbesar pada dampak lingkungan adalah penggunaan natural gas atau energi listrik
9	(Hamonangan, Handayani and Bakhtiar, 2017)	ejurnal.undip Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro	Evaluasi Dampak Proses Produksi Dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizone Terhadap Lingkungan Dengan Metode <i>Life Cycle Assessment</i>	Identifikasi dampak-dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses produksi dan proses pengolahan limbah Mizone	<i>Life Cycle Analysis</i>	Hasil penelitian menunjukkan adanya potensi pemanasan global, penipisan lapisan ozon, pengasaman, eutrofikasi, asap fotokimia, pencemaran air, pencemaran tanah, limbah berbahaya, dan abu dan rekomendasi untuk meminimalkan dampak lingkungan dengan cara Melakukan perawatan mesin secara berkala, Penggantian penggunaan bahan baku untuk boiler pada proses pasteurisasi, Melakukan pertimbangan mengenai substitusi bahan kemasan PET menjadi berbahan karton, Mengganti proses pengolahan limbah yang tadinya secara aerob dan anaerob menjadi pengolahan limbah secara aerob

10	(Astuti, 2019)	Jurnal Litbang Vol. XV No.1 Juni 2019 Hal 51- 64	Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan <i>Pendekatan Life Cycle Assessment (Lca)</i>	Dampak negatif budidaya tebu terhadap lingkungan sehingga diperlukan upaya untuk meminimalisir dampak negatif tersebut melalui efisiensi konsumsi energi, konsumsi sumber daya alam (SDA), serta pengelolaan limbah dan emisi	<i>Life Cycle Analysis</i>	Hasil analisis dampak (Life Cycle Impact Assessment) menggunakan software OpenLCA 1.6 menunjukkan dampak lingkungannya adalah climate change, eutrophication, acidification, human toxicity, dan photochemical oxidation dan Alternatif perbaikan yang direkomendasikan, diantaranya mengganti atau mengurangi pemakaian pupuk anorganik dengan pupuk kompos (pupuk organik) serta pembakaran terbuka limbah pascapanen
----	-------------------	---	---	--	--------------------------------	---



Dari studi literatur pada tabel 2.1 yang menjadi acuan didapatkan penggunaan analisis teknis terkait infrastruktur terkait alat dan bahan baku dalam menjalankan usaha kedepan, analisis finansial berguna untuk menilai efisiensi biaya dengan membandingkan pengeluaran (biaya investasi, operasional, dan bahan baku) dengan manfaat ekonomi yang diperoleh (pendapatan dari penjualan biodiesel) sedangkan dampak lingkungan digunakan untuk menilai dari suatu proses atau produk sepanjang siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi bahan baku hingga pembuangan akhir serta digunakan sebagai perbandingan antara limbah yang sudah diolah dengan pembuangan secara langsung. Dengan menggabungkan analisis teknis, analisis finansial dan analisis lingkungan penelitian ini menguntungkan secara finansial dan dampak lingkungan yang dihasilkan.

2.2 Landasan Teori

Berikut merupakan landasan teori yang digunakan untuk penelitian yang akan dilaksanakan:

2.2.1 Limbah Minyak Goreng

Minyak jelantah merupakan limbah hasil penggorengan yang mengandung senyawa-senyawa teroksidasi, radikal bebas, dan polutan berbahaya jika dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Dalam pengolahan limbah minyak goreng, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan diantaranya esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan untuk mengubah asam lemak bebas (FFA) dalam limbah minyak goreng menjadi *alkil ester* dengan menggunakan alkohol dan katalis asam yang memiliki kelemahan dalam hal efisiensi waktu dan hasil yang lebih rendah. Sedangkan transesterifikasi menghasilkan biodiesel dari trigliserida dalam minyak dan dicampur dengan metanol dan katalis basa, seperti *natrium hidroksida* (NaOH). Sehingga, minyak jelantah memiliki potensi besar untuk diolah menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel dari minyak jelantah merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, karena dapat menggantikan bahan bakar fosil dan memiliki emisi karbon yang lebih rendah. Dalam proses transesterifikasi, trigliserida dalam minyak jelantah bereaksi dengan alkohol (biasanya metanol)

menggunakan katalis untuk menghasilkan *metil ester* (biodiesel) dan gliserol sebagai produk sampingan Aroua dan Atadashi (2012). Selain itu biodiesel yang berasal dari minyak nabati merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui, mudah diproses, harganya relatif stabil, tidak menghasilkan cemaran yang berbahaya bagi lingkungan (nontoksik) serta mudah terurai secara alami Indrawan and Wijaya(2011).

2.2.2 Proses Pengolahan Limbah Minyak Goreng menjadi Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi.

2.2.2.1 Definisi Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses transformasi kimia molekul *trigliserida* yang besar, bercabang dari minyak nabati dan lemak menjadi molekul yang lebih kecil, molekul rantai lurus, dan hampir sama dengan molekul dalam bahan bakar diesel. Minyak nabati atau lemak hewani bereaksi dengan alkohol (biasanya metanol) dengan bantuan katalis (biasanya basa) yang menghasilkan *alkil ester* (atau untuk metanol, *metil ester*)(Knothe G, 2005). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut:

1. Lama Reaksi: semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain.
2. Rasio perbandingan katalis dengan minyak: semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak.
3. Jenis katalis: Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak menggeser letak keseimbangan. Penambahan katalis bertujuan untuk mempercepat reaksi dan menurunkan kondisi operasi.
4. Suhu: Kecepatan reaksi transesterifikasi akan meningkat pada suhu yang mendekati titik didih alkohol yang digunakan. Suhu selama reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada rentang suhu 30C - 65°C

5. Pengadukan: Peningkatan kecepatan pengadukan meningkatkan kecepatan reaksi karena dengan pengadukan akan mempercepat pergerakan molekul dan memperbesar peluang terjadinya tumbukan antar molekul.
6. Lama Waktu Pengendapan (*Settling*): Lama waktu pengendapan berpengaruh pada proses transesterifikasi 2 tahap yaitu melakukan dua kali proses transesterifikasi. Pengendapan bertujuan untuk memisahkan gliserol dan biodiesel. Waktu pengendapan metil ester mempengaruhi bilangan asam.
7. Kandungan Air: Kandungan air yang berlebihan dapat menyebabkan sebagian reaksi dapat berubah menjadi reaksi sabun atau saponifikasi sehingga meningkatkan viskositas, terbentuknya gel dan dapat menyulitkan pemisahan antara gliserol dan Biodiesel.
8. Methanol: Jenis alkohol yang selalu dipakai pada proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena methanol (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).
9. Kosolven: Pembuatan biodiesel merupakan reaksi yang lambat karena berlangsung dalam dua fase, permasalahan tersebut dapat di atasi dengan penambahan kosolven kedalam campuran minyak nabati, metanol dan katalis, sehingga penambahan kosolven bertujuan untuk membentuk sistem larutan menjadi berlangsung dalam satu fase.

2.2.3 Analisis Teknis Studi Kelayakan Bisnis

Aspek Teknis dalam Studi Kelayakan Bisnis merupakan hal-hal yang berkaitan dengan proses pembangunan perusahaan atau bisnis secara teknis dan pengoperasiannya setelah perusahaan di bangun. Analisis aspek teknis akan membahas tentang lokasi usaha kantor pusat, kantor cabang, pabrik atau gudang. Kemudian penentuan tata letak (*layout*) gudang, mesin, dan peralatan serta tata letak (*layout*) ruangan untuk usaha perluasan. Penelitian untuk menentukan lokasi memiliki berbagai pertimbangan yang harus dibuat agar tidak terjadi kesalahan (Jumingan, 2011). Analisis Aspek teknis dalam studi kelayakan bertujuan untuk:

1. Menganalisis Kelayakan Lokasi Pabrik atau Bisnis
2. Menganalisis besarnya Skala Produksi untuk mencapai tingkatan skala ekonomis
3. Menganalisis kriteria Pemilihan Mesin dan Peralatan untuk menjalankan proses produksi
4. Menganalisis Layout Pabrik, Bangunan dan fasilitas lainnya untuk memudahkan dalam proses produksi
5. Menganalisis teknologi yang digunakan

2.2.3.1 Lokasi perusahaan

Lokasi perusahaan adalah lokasi dimana bisnis atau usaha akan dijalankan, baik untuk lokasi lahan pabrik maupun lokasi perkantoran, tetapi lebih menekankan pada pembahasan lokasi untuk lahan pabrik karena pemilihan lahan pabrik jauh lebih kompleks dibandingkan dengan pemilihan lokasi untuk perkantoran (Administrasi). (Suliyanto, 2010). Ada dua faktor yang jadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik antara lain:

1. Faktor Primer (Utama) : Dekat dengan pasar, dekat dengan bahan baku, tersedia tenaga kerja, terdapat fasilitas pengangkutan seperti jalan raya, kereta, pelabuhan laut dan pelabuhan udara, tersedia sarana dan prasarana listrik dan sikap masyarakat.
2. Faktor Skunder : Biaya untuk investasi, prospek perkembangan harga, kemungkinan untuk perluasan lokasi, terdapat fasilitas penunjang, iklim dan tanah, pajak dan peraturan perburuhan di daerah setempat.

2.2.3.2 Penentuan Skala Produksi

Dalam menentukan skala produksi berkaitan dengan berapa berapa jumlah produksi yang dihasilkan dalam waktu tertentu dengan pertimbangan kapasitas teknis dan peralatan yang dimiliki. Berikut merupakan indikator penentuan skala produksi sebagai berikut:

1. Bahan dasar yang digunakan
2. Barang yang dihasilkan
3. Peralatan mesin yang digunakan
4. Jumlah pegawai yang dibutuhkan.

2.2.3.3 Pemilihan Mesin Peralatan dan Teknologi

Berikut ini beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada pemilihan mesin dan peralatan:

1. Kesesuaian dengan teknologi Mesin dan peralatan dengan teknologi yang berlaku sekarang.
2. Harga perolehan mesin, peralatan, dan teknologi harus sesuai dengan besarnya biaya investasi.
3. Kemampuan mesin peralatan yang akan digunakan harus sesuai dengan luas produksi yang direncanakan.
4. Tersedianya suku cadang.
6. Kualitas mesin menentukan keawetan dan kualitas produk yang akan dihasilkan.
7. Umur ekonomis.

2.2.4 Analisis Finansial

Dalam perhitungannya analisis finansial menggunakan perhitungan sebagai berikut:

a) *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang dari arus kas masuk dan arus kas keluar yang diharapkan dari suatu investasi (Kasmir, 2016). Rumus untuk menghitung NPV adalah:

$$NPV = \sum_{waktu=0}^n \frac{CT}{(1+R)^T}$$

Dimana

CT: Arus kas bersih pada periode T (dalam satuan moneter)

R: Tingkat diskonto (tingkat diskonto),

T: Periode waktu (0, 1, 2, ..., n),

n: = Jumlah total periode.

b) *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR = r yang membuat NPV = 0

IRR adalah tingkat diskonto mana NPV dari semua arus kas dalam proyek yang sama dengan nol. Untuk menghitung IRR, kita menggunakan rumus

yang sama dengan NPV, tetapi mencari nilainya R yang membuat NPV=0 (Kasmir, 2016). Untuk mencari IRR dengan rumus

$$IRR = i_1 + \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} (i_2 - i_1)$$

Dimana:

i_1 = Tingkat bunga 1 (tingkat diskontro rate yang menghasilkan NPV1/lebih rendah)

i_2 = Tingkat bunga 2 (tingkat diskontro rate yang menghasilkan NPV2/lebih tinggi)

c) *Payback Period*

Payback Period adalah waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal dari arus kas bersih yang dihasilkan. Rumus untuk menghitung *Payback Period* adalah:

Periode Pengembalian = Waktu ketika arus kas kumulatif \geq Investasi awal

Jika arus kas tidak tetap setiap tahun, *Payback Period* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{kas bersih /tahun}}$$

d) *Break Even Point*

Break even point (BEP) adalah titik di mana total pendapatan dari penjualan sama dengan total biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi atau menjalankan bisnis. Pada titik ini perusahaan tidak menghasilkan laba maupun rugi dengan kata lain perusahaan hanya mencapai titik impas (Manuho *et al.*, 2021). Berikut merupakan rumus BEP:

$$\text{Break Even Point} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{harga jual perliter} - \text{biaya variabel perliter}}$$

2.2.5 Sustainable Manufacturing

1. Teori Keberlanjutan (*Sustainability Theory*)

Teori keberlanjutan menekankan pentingnya memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri (Brundtland, 1988). Keberlanjutan sering didefinisikan melalui tiga pilar utama :

- a. Keberlanjutan Lingkungan: Menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi pencemaran, dan memelihara sumber daya alam.
- b. Keberlanjutan Ekonomi: Menciptakan pertumbuhan ekonomi yang stabil tanpa menimbulkan kerugian jangka panjang bagi lingkungan atau masyarakat.
- c. Keberlanjutan Sosial: Menjamin kesejahteraan dan kesetaraan sosial bagi semua lapisan masyarakat, baik sekarang maupun di masa depan.

2. Teori Daur Ulang (*Recycling Theory*)

Teori daur ulang menjelaskan konsep memproses ulang bahan atau produk yang sudah tidak digunakan lagi agar dapat digunakan kembali dalam bentuk yang sama atau baru (*Environmental Protection Agency (EPA), 2019*). Daur ulang bertujuan untuk:

- a. Mengurangi limbah: Mengurangi volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) dan polusi lingkungan.
- b. Menghemat sumber daya alam: Mengurangi kebutuhan untuk mengekstraksi bahan mentah baru dengan memanfaatkan bahan yang sudah ada.
- c. Menghemat energi: Daur ulang sering kali membutuhkan energi lebih sedikit dibandingkan memproduksi barang dari bahan mentah.

3. Teori Energi Terbarukan (*Renewable Energy Theory*)

Teori energi terbarukan mendasarkan dirinya pada konsep penggunaan sumber energi yang dapat diperbaharui dan tidak habis karena siklus alam, seperti matahari, angin, air, panas bumi, dan biomassa (*IRENA, 2018*). Prinsip utama teori ini adalah:

- a. Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil: Energi terbarukan mengurangi penggunaan energi fosil yang terbatas dan berpolusi tinggi.
- b. Mengurangi emisi karbon: Penggunaan energi terbarukan membantu menekan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.
- c. Keberlanjutan jangka panjang: Sumber energi terbarukan tersedia dalam jangka waktu yang lama, membantu menciptakan sistem energi yang lebih berkelanjutan.

4. Teori Ekonomi Sirkular (*Circular Economy Theory*)

Teori ekonomi sirkular bertujuan untuk mengeliminasi limbah dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan menciptakan sistem ekonomi di mana produk dan bahan terus dipakai dalam siklus tertutup (Foundation, 2013). Ekonomi sirkular memiliki beberapa prinsip dasar:

- a. Mengurangi, Menggunakan Kembali, dan Mendaur Ulang: Sistem ini berfokus pada mengurangi konsumsi sumber daya baru, mendaur ulang produk dan bahan, serta memaksimalkan masa pakai suatu produk.
- b. Desain produk berkelanjutan: Produk dirancang agar tahan lama, mudah diperbaiki, serta dapat didaur ulang, meminimalkan limbah di akhir siklus hidupnya.
- c. Model bisnis berkelanjutan: Ekonomi sirkular menciptakan model bisnis yang berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya yang sudah ada dan mengurangi pemborosan.

5. Teori *Life Cycle Assessment* (LCA)

Teori *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah pendekatan ilmiah yang digunakan untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk, proses, atau layanan sepanjang siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi bahan baku hingga pengolahan akhir (*cradle-to-grave*) (Curran, 2006). LCA digunakan untuk mengukur berbagai indikator dampak lingkungan, termasuk penggunaan energi, emisi karbon, konsumsi air, serta limbah dan polusi yang dihasilkan.

LCA memiliki beberapa tahapan utama:

- a. *Goal and Scope Definition*: Menentukan tujuan dan lingkup studi, seperti unit fungsional, batas sistem, dan asumsi-asumsi yang digunakan.
- b. *Life Cycle Inventory* (LCI): Pengumpulan data kuantitatif mengenai input (energi, bahan baku) dan output (emisi, limbah).
- c. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA): Menilai dampak lingkungan dari data yang terkumpul berdasarkan kategori dampak tertentu (misalnya, pemanasan global, penipisan sumber daya).
- d. *Interpretation*: Menganalisis hasil dan memberikan rekomendasi untuk mengurangi dampak lingkungan

2.2.6 Life Cycle Assessment (LCA)

2.2.6.1 Definisi *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment adalah sebuah mekanisme untuk menganalisa dan memperhitungkan dampak lingkungan dari suatu produk dalam setiap tahapan daur hidupnya. Dimulai dari persiapan bahan mentah, proses produksi, penjualan dan transportasi, serta pembuangan produk (Hamonangan, Handayani and Bakhtiar, 2017). LCA dapat diimplementasikan pada keseluruhan proses dan juga dapat diimplementasikan pada suatu proses tertentu atau sebagian proses. Menurut (Bruijn, 2004) LCA secara umum adalah suatu alat atau metode untuk menganalisis beban lingkungan di semua tahapan dalam siklus hidup dari produk dimulai dari ekstraksi sumber daya, melalui proses produksi bahan dan produk itu sendiri, dan penggunaan produk sampai produk itu dibuang dengan kata lain *cradle to grave*.

2.2.6.2 Prinsip *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment (LCA) memiliki prinsip sebagai berikut:

1. Melihat siklus hidup sebagai suatu perspektif, dengan kata lain mempertimbangkan seluruh siklus hidup fisik dari suatu produk (atau jasa), mulai dari ekstraksi bahan baku, pemakaian energi dan material produksi, proses produksi, penggunaan produk, sampai akhir hidup produk tersebut. Perspektif yang lainnya adalah melihat siklus hidup pada suatu proses tertentu yang sekarang ini banyak dilakukan sebagai penelitian.
2. Mencakup semua aspek lingkungan menjadi satu penilaian umum sehingga dampak lingkungan dapat diidentifikasi.
3. Memberikan transparansi dalam rangka memastikan interpretasi yang tepat atas hasil yang didapatkan oleh perhitungan.
4. Bersifat iteratif karena terdiri dari empat tahapan yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup penelitian, *Life Cycle Inventory (LCI)*, *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, dan interpretasi.
5. Berfokus kepada lingkungan dengan mempelajari aspek lingkungan dari sistem produk dan mengesampingkan aspek ekonomi dan sosial ke luar penelitian.

6. Merupakan metode yang berbasis ilmu pengetahuan meskipun keadaan ilmiah selalu berubah. *Life Cycle Assessment (LCA)* memberikan gambaran dari keadaan tertentu pada waktu tertentu.

2.2.6.3 Karakteristik dan Batasan *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment (LCA) memiliki karakteristik dan batasan untuk menilai siklus hidup, adapun batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik utama dari *Life Cycle Assessment (LCA)* adalah sifat analisis secara menyeluruh dan lengkap yang menjadi kekuatan utama metode ini.
2. LCA tidak dapat mengukur suatu dampak lokal. *Life Cycle Assessment LCA* tidak menyediakan kerangka untuk sebuah studi penilaian dampak lokal di tempat yang spesifik.
3. Metode *Life Cycle Assessment LCA* berfokus pada karakteristik fisik dari aktivitas industri dan proses ekonomi lainnya, dan tidak termasuk mekanisme pasar atau efek lain dalam pengembangan teknologi.
4. *Life Cycle Assessment LCA* hanya berfokus pada aspek lingkungan dan tidak berkaitan dengan aspek ekonomi, aspek sosial, maupun aspek lainnya.
5. *Life Cycle Assessment LCA* adalah sebuah alat analitis yang digunakan untuk menyediakan informasi untuk mendukung keputusan, namun LCA tidak dapat menggantikan proses pengambilan keputusan itu sendiri.

2.3 Hipotesa dan kerangka teoritis

Adapun kerangka teoritis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.3.1 Hipotesa

Pengolahan limbah minyak goreng dari industri besar maupun industri kecil merupakan hal yang harus diperhatikan dalam berlangsungnya proses produksi, adanya permasalahan limbah yang tidak terolah dengan baik akan berdampak pada lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang analisis teknis, analisis finansial dan dampak lingkungan yang dihasilkan guna memberikan solusi pada perusahaan atas permasalahan yang terjadi.

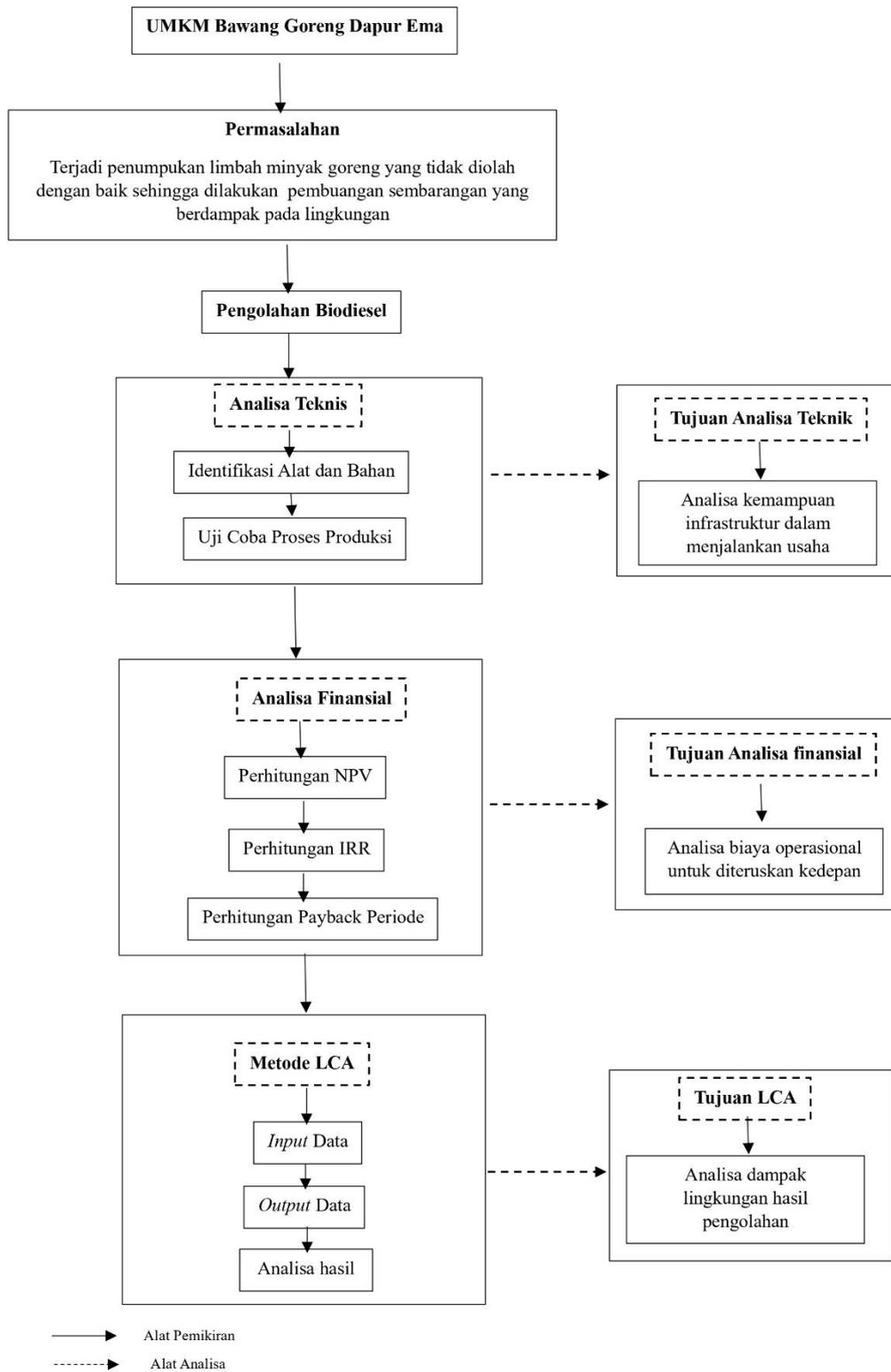
Dari studi pustaka dan studi literatur yang peneliti pelajari, dapat diketahui bahwa dengan menggabungkan analisis teknis, analisis finansial dan analisa

dampak lingkungan dapat menyelesaikan permasalahan dan menganalisa efisiensi biaya dan dampak lingkungan yang dihasilkan. Analisis teknis terkait dengan infrastruktur kesiapan alat dan bahan baku dalam proses produksi, analisis finansial digunakan untuk menganalisa biaya pengolahan yang berkaitan dengan efisiensi biaya pemasukan dan pengeluaran dalam proses produksi dan analisa dampak lingkungan digunakan untuk menggambarkan hasil dari pengolahan limbah minyak goreng ini terhadap dampak lingkungan yang akan dihasilkan. Setelah perhitungan dan analisa diketahui diharapkan penelitian ini bisa menjadi masukan bagi perusahaan.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Penelitian ini membahas tentang analisa teknis, analisa finansial analisa dampak lingkungan dalam pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi, berikut merupakan kerangka teoritis pada penelitian:





Gambar 2.1 kerangka teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini akan dilakukan di UMKM Bawang Goreng “Dapur Ema” pada bagian proses produksi yang menghasilkan limbah minyak goreng yang sudah digunakan 3x penggorengan.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dimulai dari awal hingga akhir meliputi studi pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, pengujian hipotesis sampai dengan penarikan kesimpulan dan saran.

3.2.1 Observasi Awal

Keadaan aktual pada UMKM BAWANG GORENG DAPUR EMA diperlukan untuk melakukan Identifikasi masalah. Pada tahap ini melakukan pengamatan secara langsung pada objek penelitian. Beberapa permasalahan akan dimasukkan dalam rumusan masalah berdasarkan observasi awal yang dilakukan. Permasalahan yang terdapat di perusahaan menjadi pedoman dalam menetapkan tujuan penelitian. Observasi awal dilakukan pada hasil limbah pengolahan minyak goreng yang sudah digunakan 3x penggorengan.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan oleh penulis dengan membaca dan mencari buku referensi, jurnal, *proceeding*, artikel dan literatur yang berhubungan dalam penelitian. Berbagai referensi tersebut akan diambil untuk dijadikan sebagai acuan dalam penyusunan landasan teori sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah yang dilakukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan guna mencapai tujuan penelitian. Berikut adalah data yang diperlukan pada setiap tahap penelitian untuk pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel:

1. Analisis Teknis
 - a) Data Bahan Baku
 - Jumlah minyak jelantah yang tersedia untuk diolah.
 - Sifat fisik dan kimia minyak jelantah (densitas dan viskositas).
 - b) Parameter Proses
 - Rasio perbandingan antara minyak dan metanol yang digunakan dalam transesterifikasi.
 - Jenis dan konsentrasi katalis (KOH) yang digunakan.
 - Suhu dan waktu reaksi selama proses transesterifikasi.
 - c) Hasil produk
 - Rendemen hasil biodiesel
 - Kualitas biodiesel yang dihasilkan melalui uji laboratorium.
2. Analisis Finansial
 - a) Biaya Produksi
 - Biaya investasi awal (peralatan, infrastruktur).
 - Biaya bahan baku (minyak jelantah, metanol, katalis).
 - Biaya operasional (energi, tenaga kerja, pemeliharaan alat).
 - b) Pendapatan
 - Harga jual biodiesel per liter.
3. Analisa Dampak Lingkungan
 - a) Penilaian Siklus Hidup (LCA) :
 - Analisis dampak lingkungan dari setiap tahap siklus hidup dengan *software* OpenLCA
 - Dampak lingkungan dari proses transesterifikasi dibandingkan dengan pembuangan limbah minyak goreng secara langsung.

3.2.4 Teknik Pengolahan Data

Dalam pengolahan data dimana data diperoleh dari pengumpulan informasi yang ada dalam perusahaan, observasi, dan wawancara, studi kelayakan dan simulasi atau percobaan kecil. Dengan mengelompokkan data yang sudah di

dapatkan kemudian data tersebut diolah sesuai dengan jenis data dan kebutuhan data, sehingga didapatkan nilai nilai yang menggambarkan hasil Penelitian.

Pengolahan data ini dilakukan menggunakan langkah-langkah yang berurutan yaitu simulasi proses produksi yang digunakan dalam analisis teknis, analisis finansial dan analisis *life cycle assesment* (LCA) untuk memperoleh dampak lingkungan dari pengolahan data menggunakan *software* openLCA. Berikut merupakan urutan pengelohan yang dilakukan dalam Penelitian ini :

a. Simulasi Proses Produksi

Tahapan pengoyalahan limbah minyak goreng melalui proses transesterifikasi bertujuan untuk mengetahui alur proses produksi yang dilakukan untuk mengolah limbah minyak goreng menjadi biodisel dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengumpulan bahan baku
- b. Penyaringan dan pemurnian
- c. Pencampuran
- d. Penambahan katalis
- e. Proses transesterifikasi
- f. Pemisahan, pencucian dan pengeringan.

2. Analisis Teknis

Pada tahapan ini dilakukan analisa teknis pengolahan limbah minyak goreng melalui proses transesterifikasi menjadi biodisel yang bertujuan untuk mengetahui kesiapan terhadap usaha yang akan dijalani dengan tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Penentuan kapasitas produksi
- b. Peralatan
- c. Pengujian kualitas produk

3. Analisis Finansial

Pada tahapan ini dilakukan analisa efisiensi produksi pengolahan limbah minyak goreng melalui proses transesterifikasi menjadi biodisel dengan tujuan untuk mengetahui biaya akan menguntungkan dimasa mendatang. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Biaya investasi awal
 - b. Biaya operasional
 - c. Estimasi pendapatan
 - d. Perhitungan *Net present value* (NPV)
 - e. Perhitungan *internal rate of return* (IRRT)
 - f. Perhitungan *payback period*
4. Analisis dampak lingkungan
- Pada tahapan ini dilakukan analisa dampak lingkungan dengan *software* OpenLCA dengan tujuan untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari pengolahan limbah minyak goreng yang diolah menjadi biodisel. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:
- a. *Input* data dengan *software* OpenLCA
 - b. *Output* data dari *software* OpenLCA
 - c. Perbandingan dampak lingkungan

3.2.5 Analisa dan Interpretasi

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan, meliputi analisis teknis, analisis finansial dan analisis dampak lingkungan terhadap pengolahan limbah minyak goreng melalui proses transesterifikasi dengan rincian sebagai berikut:

- a. Analisis Teknis

Hasil dari analisis teknis menunjukkan ada atau tidaknya kemampuan UMKM dalam hal infrastruktur dalam menjalankan proses produksi yang akan berlangsung.
- b. Analisis finansial

Hasil dari analisis finansial menggunakan perhitungan ekonomi melalui perhitungan NPV, IRR, dan PP untuk menentukan apakah usaha ini menguntungkan untuk dijalankan dimasa mendatang.
- c. Analisis Dampak Lingkungan

Analisis lingkungan diidentifikasi menggunakan *software* OpenLCA dengan hasil sasaran *Life Cycle Impact Assesment* (LCIA) untuk mengetahui dampak

lingkungan yang akan ditimbulkan dari pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel.

3.2.6 Pengujian Hipotesis

Dilakukan pengujian dengan tujuan supaya permasalahan yang dibuat pada perumusan masalah dapat diselesaikan dan ditemukan solusi yang tepat. Pengujian hipotesis dilakukan berdasarkan identifikasi permasalahan yang terdapat pada limbah hasil pengolahan bawang goreng pada UMKM Bawang Goreng Dapur Ema yang dijadikan sebagai objek penelitian dengan menggunakan analisis teknis, analisis finansial dan analisis dampak lingkungan.

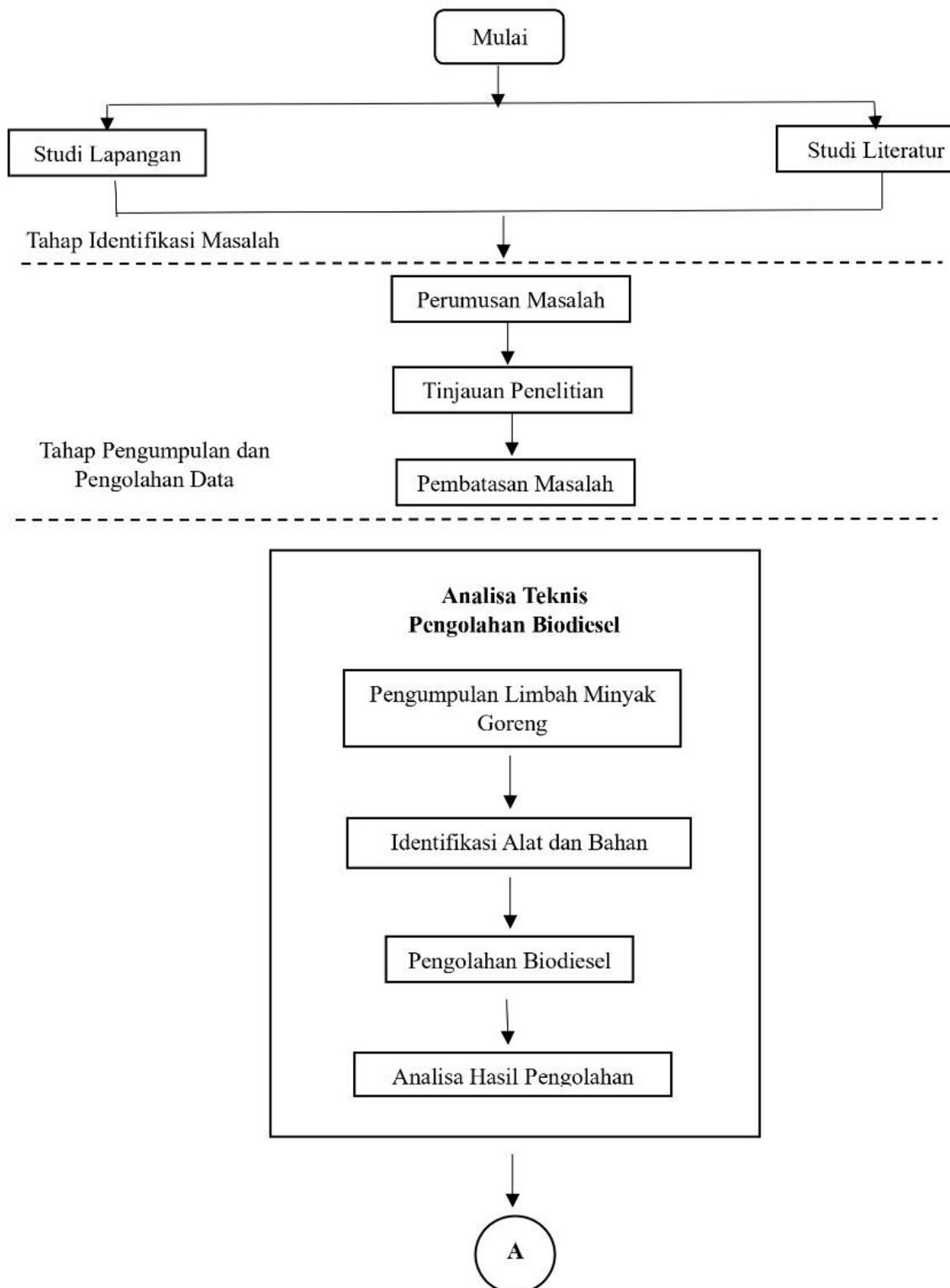
3.2.7 Penarikan Kesimpulan dan Saran

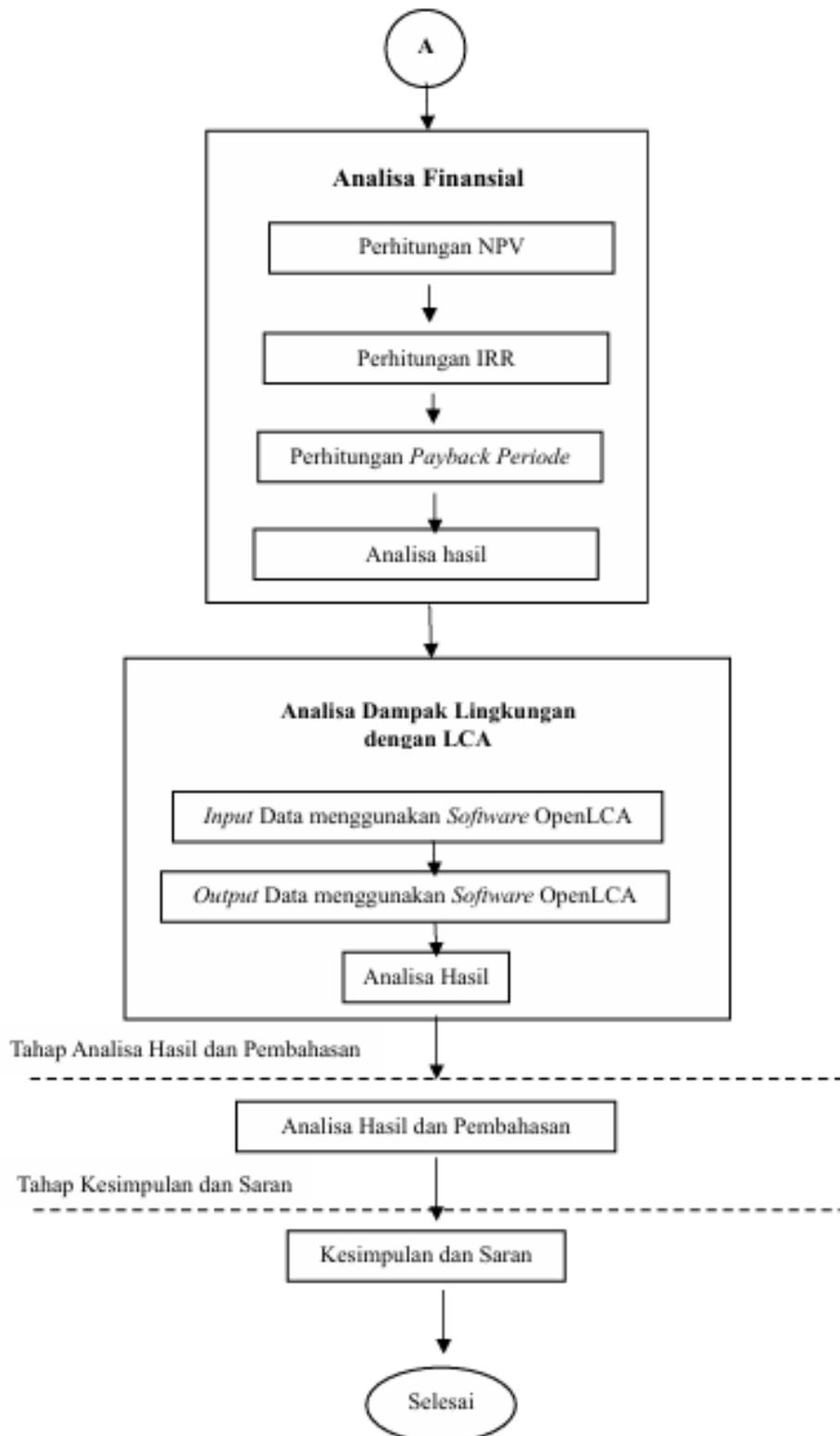
Pada tahap ini berisi tentang hasil yang didapatkan dari analisis yang telah dilakukan dari Penelitian. Tahap ini juga terdapat saran atau masukan yang akan diberikan untuk perusahaan.

3.3 *Flowchart* penelitian

Diagram alur penelitian digunakan sebagai rencana tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian dimulai dari awal sampai akhir penelitian. Gambar 3.1 merupakan diagram alur penelitian yang akan dilakukan:







Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Limbah Minyak Goreng

UMKM bawang goreng “Dapur Ema” memproduksi 30 kg bawang merah mentah perhari yang digoreng menggunakan 20 liter minyak goreng. Aktivitas produksi ini menghasilkan limbah minyak goreng rata-rata 1,5 liter per hari atau sekitar 45 liter setiap bulannya. melihat potensi limbah tersebut, terdapat peluang bagi UMKM untuk mengolahnya menjadi biodiesel sebagai solusi pengelolaan limbah sekaligus alternatif usaha yang lebih ramah lingkungan.

4.2. Uji Coba Pembuatan Biodiesel

Dalam uji coba produksi pembuatan biodiesel dari limbah minyak goreng pada percobaan kali ini menggunakan campuran katalis antara metanol dan KOH. Menurut (Hadrah, Kasman and Sari, 2018) rasio perbandingan antara limbah minyak goreng, larutan metanol dan NaOH adalah 1:2 karena perbandingan volume antara metanol dan minyak jelantah yang digunakan sekitar 500 ml limbah minyak goreng dan 100 ml metanol. Sehingga didapatkan perbandingan sebagai berikut:

Limbah minyak : metanol
500 ml : 100 ml

5 : 1

Sehingga didapatkan perhitungan untuk pembuatan biodiesel pada eskperimen pertama menggunakan perbandingan 5:1 dengan eskperimen limbah minyak yang digunakan sebanyak 100 ml. Maka dari itu untuk mencari metanol dan KOH digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{100 \text{ ml limbah minyak}}{500 \text{ ml sampel jurnal}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$\text{Metanol} = 100\text{ml} \times 0,2 = 20 \text{ ml}$$

$$\text{NaOH} = 3,5\text{gr} \times 0,2 = 0,7 \text{ gr}$$

Tabel 4.1 Perbandingan Rasio Sampel

Bahan Baku	(Hadrah, Kasman and Sari, 2018)	Ekperimen 1	Ekperimen 2
Limbah Minyak Goreng	500 ml	100 ml	100 ml
Metanol	100 ml	20 ml	25 ml
<i>Kalium Hidroksida</i> (KOH)	3,5 gram	0,7 gram	0,9 gram

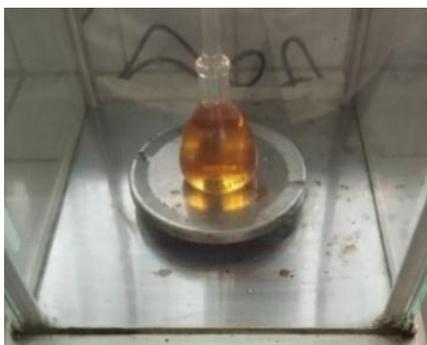
Sumber:(Hadrah, Kasman and Sari, 2018)

Berdasarkan tabel 4.1 eksperimen pertama menggunakan komposisi bahan berdasarkan referensi jurnal Hadrah, Kasman and Sari (2018) dengan komposisi 100 ml limbah minyak goreng, 20 ml metanol, dan 0,7 gram NaOH. Hasil dari percobaan dengan komposisi tersebut gagal sehingga tidak menunjukkan reaksi transesterifikasi yang optimal. Fase pemisahan antara biodiesel dan gliserol tidak terbentuk secara jelas dan menggumpal serta konversi minyak menjadi biodiesel terindikasi sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi reaksi yang diambil dari jurnal tidak sesuai dengan kondisi aktual di laboratorium yang mungkin disebabkan oleh suhu, penggunaan bahan baku dan efisiensi pencampuran.

Pada eksperimen kedua, dilakukan penyesuaian terhadap jumlah katalis dan metanol dengan perbandingan 4:1 menggunakan 100 ml limbah minyak goreng, 25 ml metanol, dan 0,9 gram KOH. Hasil dari percobaan dengan komposisi tersebut dinyatakan berhasil dan memperoleh rasio molar yang lebih sesuai serta menciptakan kondisi reaksi yang mendukung proses transesterifikasi sehingga hasil biodiesel yang diperoleh berhasil dan lebih optimal.

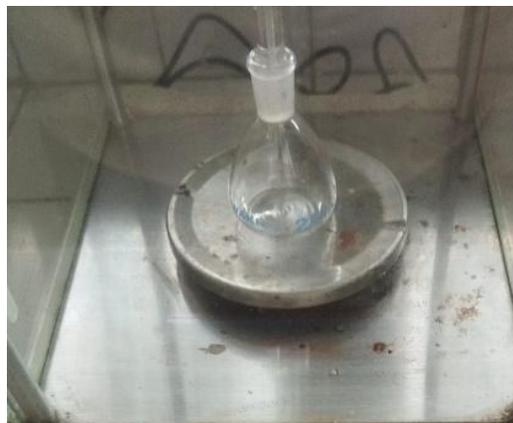
Adapun langkah-langkah proses produksi pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng menggunakan skala perbandingan 1:1:

1. Siapkan limbah minyak goreng yang sudah disaring sebanyak 100ml dan pastikan sudah bersih dari kotoran seperti gambar 4.1 dibawah ini:.



Gambar 4.1 Limbah minyak goreng

2. Pembuatan larutan metoksida atau katalis KOH sebanyak 0,9 gr dan 25 ml metanol kedalam wadah lalu aduk hingga larut seperti gambar 4.2 berikut:



Gambar 4. 2 Campuran katalis metanol dan KOH

3. Proses transesterifikasi dengan pencampuran larutan metoksida ke dalam wadah yang berisi limbah minyak goreng yang sudah dipanaskan dan aduk selama 90 menit pada suhu 50–60°C seperti gambar 4.3 dibawah ini:



Gambar 4. 3 Pencampuran limbah minyak goreng dan katalis

4. Pemisahan biodiesel dan gliserol dengan mendiamkan campuran selama 8–24 jam dalam wadah kaca atau botol transparan sampai adanya dua lapisan bagian atas berupa biodiesel dan lapisan bawah berupa produk sampingan (gliserol) seperti gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.4 Proses pengendapan

5. Pemurnian Biodiesel dengan mencuci biodiesel dengan air suling (suhu hangat) untuk menghilangkan sisa katalis dan kotoran. Aduk perlahan biodiesel dengan air, diamkan hingga terpisah, lalu buang airnya. Ulangi proses ini hingga air cucian menjadi jernih seperti gambar 4.5 dibawah ini:.



Gambar 4.5 Proses pemurnian

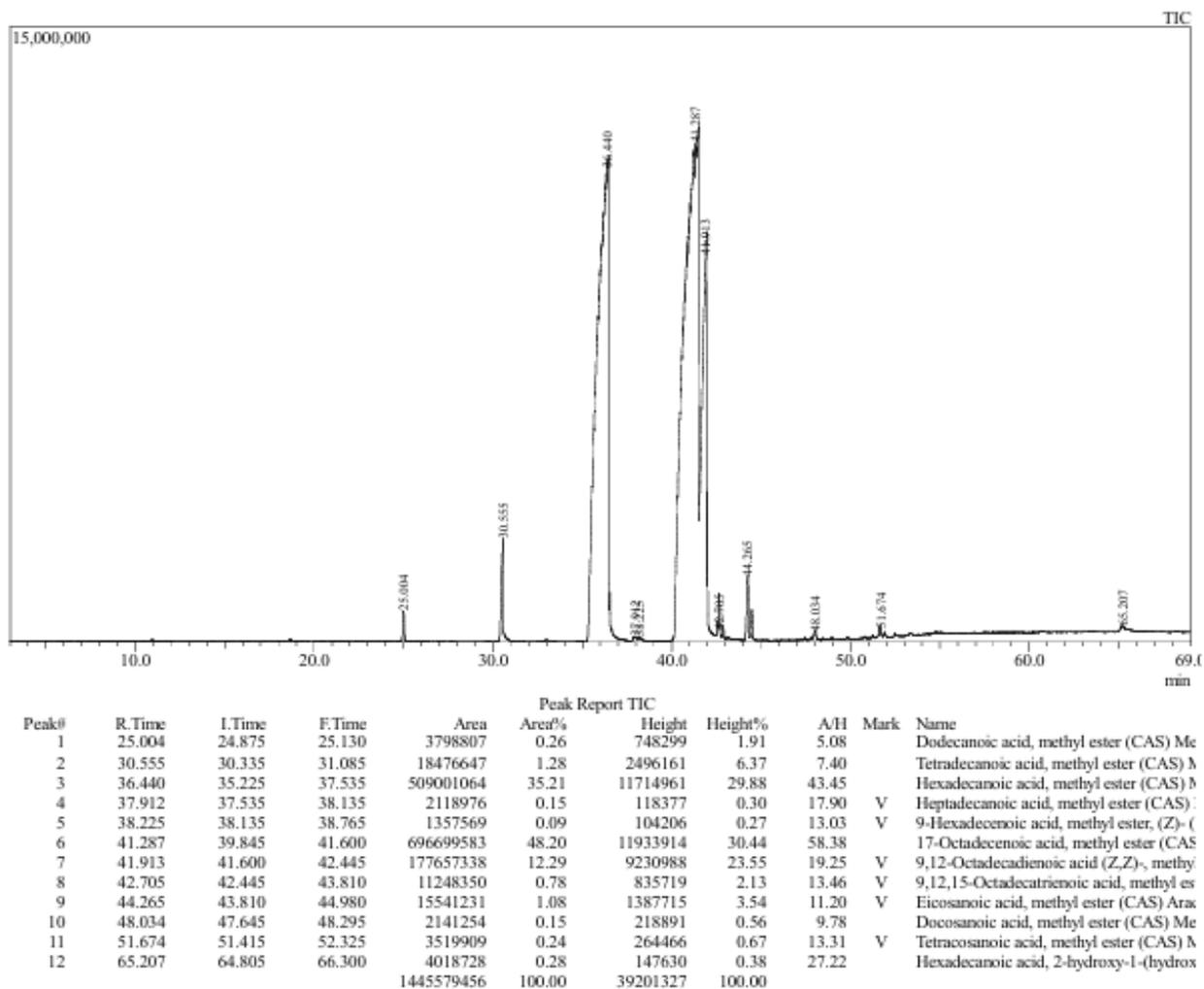
6. hasil pengolahan biodiesel dari pengolahan 100 ml limbah minyak goreng menghasilkan 96 ml seperti gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.6 Hasil pengolahan

4. Hasil Uji kualitas biodiesel

Biodiesel hasil dari limbah minyak goreng perlu diuji kualitasnya untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian laboratorium *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk menentukan profil metil ester asam lemak (FAME) yang terbentuk selama proses transesterifikasi. Analisis GC-MS bertujuan untuk mengidentifikasi komponen utama dalam biodiesel serta mendeteksi adanya sisa senyawa seperti trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserol bebas yang dapat mempengaruhi performa bahan bakar Knothe G (2005). Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7 Hasil Uji GC-MS

Hasil uji *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dilakukan untuk mengidentifikasi komponen asam lemak *metil ester* (FAME) yang terdapat dalam sampel biodiesel hasil transesterifikasi limbah minyak goreng. Berdasarkan kromatogram yang diperoleh pada gambar 4.19, beberapa puncak utama terdeteksi pada waktu retensi antara 25 hingga 45 menit, yang mengindikasikan keberadaan senyawa metil palmitat (C16:0), metil stearat (C18:0), metil oleat (C18:1), dan metil linoleat (C18:2). Puncak tertinggi pada kromatogram menunjukkan bahwa metil oleat dan metil linoleat merupakan senyawa dominan dalam biodiesel yang dihasilkan, yang sejalan dengan komposisi asam lemak pada limbah minyak goreng.

Keberhasilan proses transesterifikasi ditunjukkan oleh minimnya keberadaan trigliserida, digliserida, dan monogliserida dalam hasil analisis, yang mengindikasikan konversi limbah minyak goreng menjadi biodiesel telah berlangsung secara optimal. Selain itu, rendahnya intensitas puncak yang mengindikasikan keberadaan gliserol bebas menunjukkan bahwa pemurnian biodiesel telah dilakukan dengan baik, sehingga mengurangi potensi pembentukan endapan dalam bahan bakar. Berikut merupakan tabel analisis *Massa Spectroscopy* (MS) yang merupakan senyawa hasil reaksi transesterifikasi limbah minyak goreng, metanol dan KOH pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Massa Spectroscopy (MS) senyawa hasil reaksi transesterifikasi

Peak	Waktu retensi (menit)	Nama senyawa	Berat molekul	Luas puncak (%)
3	36.440 menit	<i>Hexadecanoic acid, methyl ester</i>	11714961 g/mol	35.21%
4	37.912 menit	<i>Heptadecanoic acid, methyl ester</i>	118377 g/mol	0.15%
5	38.225 menit	<i>9-Hexadecenoic acid, methyl ester</i>	104206 g/mol	0.09%
6	41.287 menit	<i>17-Octadecenoic acid, methyl ester</i>	11933914 g/mol	48.20%
7	41.913 menit	<i>9,12-Octadecadienoic acid</i>	9230988 g/mol	12.29%
8	42.705 menit	<i>9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester</i>	835719 g/mol	0.78%
Total				96,72%

Dalam hasil *Massa Spectroscopy* (MS), peak 1 dan 2 merupakan senyawa non-metakil ester (non-FAME) yang tidak relevan terhadap tujuan utama analisis untuk mengidentifikasi senyawa ester metil dari asam lemak (FAME) dalam biodiesel. Oleh karena itu, analisis yang fokus pada kualitas biodiesel umumnya hanya mempertimbangkan puncak-puncak utama yang mewakili FAME yang dimulai dari peak 3 hingga peak 8. Selain itu, hasil biodiesel juga dibandingkan dengan standar kualitas yang berlaku, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015). Berikut merupakan hasil syarat mutu dari pengolahan biodiesel yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Syarat Mutu Biodiesel

Indikator	SNI 2015	Hasil	Keterangan	Fungsi
Densitas	0,85 – 0,87 kg/m ³	0,90 kg/m ³	Tidak sesuai	Densitas memengaruhi performa pembakaran dan karakteristik penyemprotan bahan bakar di mesin.
Viskositas	2,3 -6,0 mm ² /s	5,6 mm ² /s	Sesuai	Viskositas terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran bahan bakar, jika terlalu tinggi menyebabkan pembakaran tidak sempurna.
Kadar ester metil	Min 96,5%	96,72%	Sesuai	Menunjukkan kemurnian biodiesel; semakin tinggi, semakin baik kualitas biodiesel.

Menurut (Hamsyah Adhari and Putri Utami, 2016) Jika densitas biodiesel melebihi batas SNI akan menyebabkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna sehingga dapat meningkatkan emisi dan keausan mesin. Dalam eksperimen ini densitas biodiesel yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar SNI 2015 yang kemungkinan disebabkan oleh masih adanya kandungan gliserol bebas atau minyak yang belum sepenuhnya bereaksi selama proses transesterifikasi. Selain itu, proses pemisahan fase yang kurang optimal dapat menyebabkan gliserol ikut terbawa dalam fase biodiesel, sehingga meningkatkan massa jenis. Maka dari itu diperlukan perbaikan dalam tahap pemurnian biodiesel untuk melakukan optimalisasi pada proses pencampuran katalis dan pengeringan guna menurunkan nilai densitas agar sesuai dengan standar SNI.

4.3 Analisa Aspek Teknik

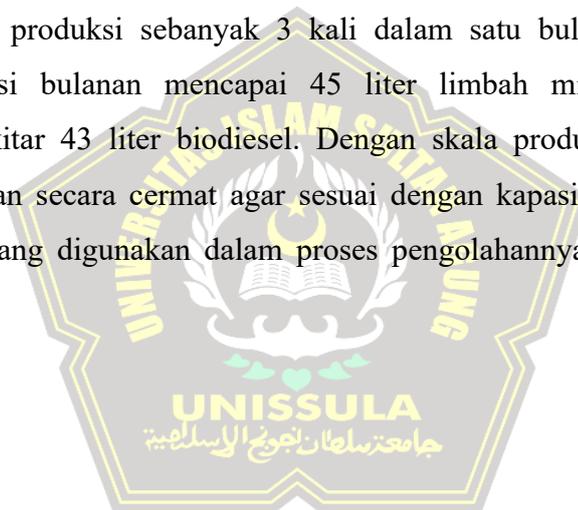
Berikut merupakan analisis teknis pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel yang meliputi rencana kapasitas produksi pengolahan yang akan dibuat, peralatan yang diperlukan sesuai kapasitas yang akan dibangun, tenaga kerja yang dibutuhkan dan tata letak lantai produksi:

4.3.1 Rencana Kapasitas Produksi

UMKM bawang goreng “Dapur Ema” menghasilkan limbah minyak goreng sebanyak 45 liter setiap bulan. Berdasarkan kapasitas produksi yang ditetapkan sebesar 15 liter/produksi sehingga pengolahan biodiesel dilakukan sebanyak sepuluh hari sekali atau tiga kali dalam sebulan. Dari setiap proses produksi diperoleh sekitar 14 liter biodiesel dengan total biodiesel yang dihasilkan dalam satu bulan mencapai kurang lebih 43 liter.

4.3.2 Peralatan

Peralatan merupakan alat penunjang untuk mengolah limbah minyak goreng menjadi biodiesel. Unit pengolahan biodiesel yang akan dibangun oleh UMKM "Dapur Ema" memiliki kapasitas produksi sebesar 15 liter biodiesel per proses dengan frekuensi produksi sebanyak 3 kali dalam satu bulan. Sehingga total kapasitas produksi bulanan mencapai 45 liter limbah minyak goreng dan menghasilkan sekitar 43 liter biodiesel. Dengan skala produksi ini, pemilihan peralatan dilakukan secara cermat agar sesuai dengan kapasitas proses. Berikut merupakan alat yang digunakan dalam proses pengolahannya ditunjukkan pada tabel 4.4:



Tabel 4.4 Peralatan Produksi

No	Nama alat	spesifikasi	Qty	harga	Total pembelian	Umur ekonomis	Fungsi	Gambar
1	Timbangan digital	Maximal 40 Kg	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun	Timbangan digital digunakan untuk mengukur bahan baku dengan akurasi yang tinggi, seperti minyak jelantah, metanol, dan KOH	
2	Termometer	Pengukuran Suhu Celcius Dan Fahrenheit	1	Rp.17.000	Rp.17.000	3 tahun	Termometer digunakan untuk menyatakan suhu selama proses transesterifikasi. Suhu yang tepat sangat berpengaruh terhadap kelancaran reaksi kimia antara limbah minyak goreng dan metanol dengan katalis KOH	
3	Kompore	Satu Tungku	1	Rp.175.000	Rp.175.000	4 tahun	Kompore berfungsi sebagai sumber panas dalam proses pemanasan limbah minyak goreng dan bahan katalis selama reaksi transesterifikasi	
4	Tabung Gas	3 kg	1	Rp. 25.000	Rp. 25.000	10 tahun	Gas digunakan sebagai sumber panas dari kompor untuk memanaskan bahan baku dan pengeringan biodiesel	

5	Panci	Tinggi 30cm diameter 30cm kapasitas 21 liter	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun	Panci berfungsi sebagai wadah untuk memanaskan limbah minyak goreng dan biodiesel	
6	Gelas ukur	Ukuran 1000ml	1	Rp.48.000	Rp.48.000	2 tahun	Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah bahan yang diperlukan dengan tingkat presisi yang tinggi.	
7	Drum pengendapan	Diameter atas 28 cm Diameter bawah 29 cm Tinggi 39 cm Kapasitas 20 liter	1	Rp.46.000	Rp.46.000	7 tahun	Drum pengendapan digunakan sebagai wadah utama untuk menampung limbah minyak goreng yang diolah setelah proses transesterifikasi yaitu pengendapan.	
8	Jerigen penampung hasil	Kapasitas 5 liter	3	Rp.7.500	Rp.22.500	3 tahun	Jerigen digunakan untuk menyimpan biodiesel hasil produksi setelah proses transesterifikasi selesai dan dikemas 5 liter dengan pemasaran barter wadah setiap kali pembelian	
Total				Rp.653.500				

Sumber : Harga diambil dari Shopee 2025

4.3.3 Bahan baku

Komponen utama dalam proses pengolahan limbah minyak jelantah menjadi biodiesel adalah bahan baku. Produksi biodiesel oleh UMKM “Dapur Ema” menggunakan bahan baku utama berupa minyak goreng bekas sebanyak 15 liter per proses dengan total 45 liter per bulan. Selain itu, dibutuhkan metanol dan kalium hidroksida (KOH) sebagai bahan pendukung dalam reaksi transesterifikasi. Seluruh kebutuhan bahan baku telah disesuaikan dengan kapasitas produksi untuk memastikan efisiensi proses dan kemudahan pengelolaan dalam skala kecil. Bahan baku yang digunakan adalah sebagai berikut:

- **Limbah minyak goreng**

Diketahui dalam sebulan UMKM menghasilkan limbah minyak goreng sebanyak 45 liter. Pengolahan limbah minyak jelantah dilakukan setiap sepuluh hari sekali atau tiga kali dalam sebulan dengan menggunakan limbah minyak 15 liter untuk sekali produksi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$1x \text{ produksi} = 15 \text{ liter sisa limbah penggorengan}$$

$$1 \text{ bulan} = 3x \text{ produksi}$$

$$\text{Hasil produksi} = 15 \text{ liter} \times 3 = 45 \text{ liter limbah minyak goreng}$$

Harga limbah minyak goreng adalah Rp. 3.000 per liter, sehingga total biaya limbah minyak goreng dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total Biaya limbah minyak goreng} = 45 \text{ liter} \times \text{Rp.}3.000 / \text{liter} = \text{Rp.} 135.000$$

- **Metanol**

Diketahui dalam proses pengolahan biodiesel dalam 100 ml limbah minyak menggunakan 25 ml. jika dalam sekali produksi sebanyak 15 liter dan dilakukan 3x dalam sebulan maka kebutuhan metanol untuk satu bulan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan metanol (ml)} = \text{volume jelantah} \times \frac{\text{volume metanol}}{\text{volume minyak}}$$

$$\text{Kebutuhan metanol (ml)} = 15.000 \text{ ml} \times \frac{25 \text{ ml}}{100 \text{ ml}}$$

$$= 3,750 \text{ ml atau } 3,75 \text{ liter}$$

$$1 \text{ bulan} = 3x \text{ produksi}$$

$$\text{Hasil produksi} = 3,75 \text{ liter} \times 3 = 11,25 \text{ liter metanol}$$

Harga metanol adalah Rp. 15.000/liter, sehingga total biaya metanol dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total Biaya Metanol} = 11,25 \text{ liter} \times \text{Rp. } 15.000 / \text{liter} = \text{Rp. } 168.750$$

- **KOH (*Kalium Hidroksida*)**

Diketahui KOH (*Kalium Hidroksida*) berfungsi sebagai pengikat dalam proses transesterifikasi. Dalam proses pengolahan biodiesel dalam 100 ml limbah minyak menggunakan 0,9 gram. jika dalam sekali produksi sebanyak 15 liter dan dilakukan 3x dalam sebulan maka kebutuhan KOH untuk satu bulan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan KOH (g)} = \text{volume jelantah} \times \frac{\text{volume KOH}}{\text{volume minyak}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KOH (g)} &= 15.000 \text{ ml} \times \frac{0,9 \text{ gram}}{100 \text{ ml}} \\ &= 135 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$1 \text{ x produksi} = 135 \text{ gram KOH}$$

$$1 \text{ bulan} = 3 \text{ x produksi}$$

$$\text{Hasil produksi} = 135 \text{ gram} \times 3 = 405 \text{ gram KOH}$$

Harga KOH adalah Rp. 37.500 per kilogram, sehingga total biaya KOH dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total Biaya KOH} = \frac{405 \text{ gram}}{1.000 \text{ gram}} \times 37.500 = \text{Rp. } 15.187$$

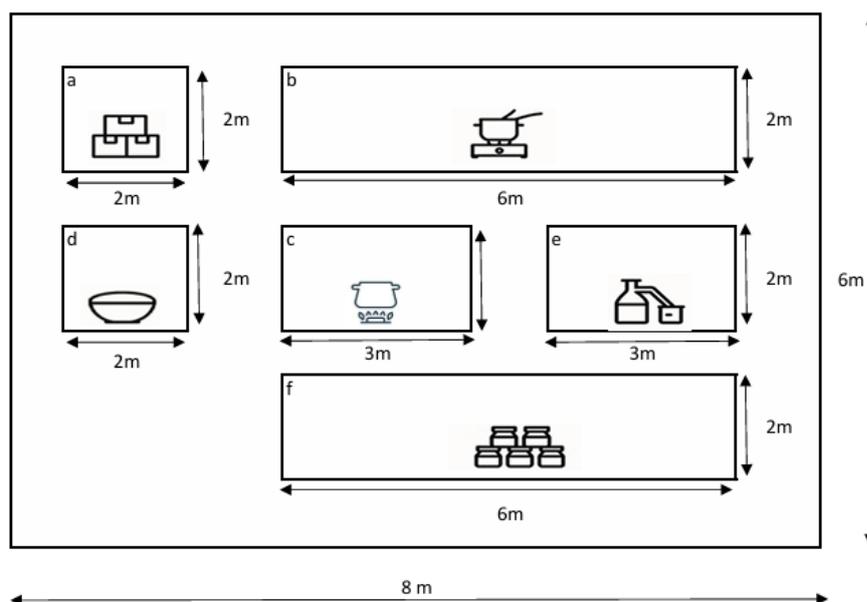
4.3.4 Tenaga kerja

Dalam proses pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel, UMKM Dapur Ema hanya membutuhkan satu orang tenaga kerja untuk menjalankan berbagai tahapan dalam proses dimulai dari operator pengolahan yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan dan menyiapkan alat serta bahan baku yang dibutuhkan, melakukan proses produksi, dan mengelola penyimpanan biodiesel yang telah diproduksi. Selain itu, operator ini juga merangkap sebagai admin pemasaran yang meliputi tugas mengatur strategi pemasaran, berkomunikasi dengan pelanggan, serta mengelola data penjualan dan promosi produk.

4.3.5 Tata Letak Lantai Produksi

Berikut merupakan tata letak lantai produksi biodiesel dengan luas lantai produksi 48 m² yang ditunjukkan dalam gambar 4.8 dibawah ini:

Gambar 4.8 Tata letak lantai produksi



Lantai untuk produksi biodiesel dari limbah minyak goreng meliputi (a) penyimpanan bahan baku digunakan untuk menyimpan limbah minyak dan bahan kimia seperti metanol dan katalis dengan lokasi dekat pintu masuk untuk memudahkan logistik bahan baku. (b) Area persiapan dan pereaksian berfungsi untuk proses awal seperti penyaringan limbah minyak goreng guna menghilangkan kotoran serta mencampurkan minyak, metanol, dan katalis dalam reaktor dengan pengaduk yang lokasinya di tengah alur produksi. (c) Area pemanasan ditujukan untuk memanaskan campuran guna mempercepat reaksi transesterifikasi menggunakan kompor yang terletak setelah area pereaksian. (d) Area pengendapan digunakan untuk memisahkan gliserol dari biodiesel yang ditempatkan dekat dengan area pemanasan. (e) Area penyulingan berfungsi untuk membersihkan biodiesel dari sisa metanol, katalis, dan gliserol dengan metode penyulingan atau pencucian air yang berada setelah pengendapan dan (f) area pengeringan dan penyimpanan hasil jadi digunakan untuk mengeringkan biodiesel agar residu air hilang dan menyimpan hasil biodiesel sebelum didistribusikan.

4.4 Analisa Aspek Finansial

Aspek finansial menjadi salah satu faktor penting dalam menilai kelayakan suatu usaha termasuk dalam pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel. Dengan memahami aspek finansial secara mendalam peluang keuntungan suatu usaha dan seberapa cepat investasi dapat kembali serta membantu dalam pengambilan keputusan untuk memastikan keberlanjutan usaha dalam jangka panjang. Adapun perhitungan aspek finansial sebagai berikut:

4.4.1 Biaya Investasi awal

Modal awal yang dikeluarkan mencakup biaya yang dibutuhkan untuk memulai pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel dengan rincian yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 biaya investasi awal

No	Alat	Qty	Harga	Total pembelian	Umur ekonomis
1	Timbangan digital	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun
2	Termometer	1	Rp.17.000	Rp.17.000	3 tahun
3	Kompor	1	Rp.175.000	Rp.175.000	4 tahun
4	Tabung Gas	1	Rp. 25.000	Rp. 25.000	10 tahun
5	Panci	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun
6	Gelas ukur	1	Rp.48.000	Rp.48.000	2 tahun
7	Drum pengendapan	1	Rp.46.000	Rp.46.000	7 tahun
8	Jerigen penampung hasil	3	Rp.7.500	Rp.22.500	3 tahun
Total				Rp. 653.500	

Berikut merupakan rincian dari umur ekonomis biaya investasi awal dari peralatan yang akan digunakan dalam proses produksi:

- Timbangan digital

Diketahui harga satuan = Rp. 160.000

Nilai sisa per satuan Rp. 160.000 x 1 (qty) = Rp. 160.000

Umur Ekonomis = 5 Tahun

Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.160.000}}{5} = \text{Rp. 32.000/tahun}$

- Termometer
 Diketahui harga satuan = Rp. 17.000
 Nilai sisa per satuan Rp. 17.000 x 1 (qty) = Rp. 17.000
 Umur Ekonomis = 3 Tahun
 Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.17.000}}{3} = \text{Rp. 5.666/tahun}$
- Kompor
 Diketahui harga satuan = Rp.175.000
 Nilai sisa per satuan Rp.175.000x 1 (qty) = Rp.175.000
 Umur Ekonomis = 4 Tahun
 Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.175.000}}{4} = \text{Rp. 43.750/tahun}$
- Tabung gas
 Diketahui harga satuan = Rp.25.000
 Nilai sisa per satuan Rp.25.000 x 1 (qty) = Rp.25.000
 Umur Ekonomis = 10 Tahun
 Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.25.000}}{10} = \text{Rp. 2.500/tahun}$
- Panci
 Diketahui harga satuan = Rp.160.000
 Nilai sisa per satuan Rp.160.000 x 1 (qty) = Rp.160.000
 Umur Ekonomis = 5 Tahun
 Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.160.000}}{5} = \text{Rp. 32.000/tahun}$
- Gelas ukur
 Diketahui harga satuan = Rp.48.000
 Nilai sisa per satuan Rp.48.000 x 1 (qty) = Rp. 48.000
 Umur Ekonomis = 2 Tahun
 Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.48.000}}{2} = \text{Rp. 24.000/tahun}$
- Drum pengendapan
 Diketahui harga satuan = Rp.46.000
 Nilai sisa per satuan Rp.46.000 x 1 (qty) = Rp.46.000
 Umur Ekonomis = 3 Tahun

Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.46.000}}{7} = \text{Rp. 6.571/tahun}$

- Jerigen penampung hasil

Diketahui harga satuan = Rp. 7.500

Nilai sisa per satuan Rp. 7.500 x 3 (qty) = Rp.22.500

Umur Ekonomis = 3 Tahun

Nilai penyusutan setiap tahun adalah $\frac{\text{Rp.22.500}}{3} = \text{Rp. 7.500/Tahun}$

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai Penyusutan Alat Produksi

No	Nama alat	Qty	harga	Total pembelian	Umur ekonomis	Penyusutan/tahun
1	Timbangan digital	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun	Rp. 32.000
2	Termometer	1	Rp.17.000	Rp.17.000	3 tahun	Rp. 5.666
3	Kompor	1	Rp.175.000	Rp.175.000	4 tahun	Rp. 43.750
4	Tabung Gas	1	Rp. 25.000	Rp. 25.000	10 tahun	Rp. 2.500
5	Panci	1	Rp.160.000	Rp.160.000	5 tahun	Rp. 32.000
6	Gelas ukur	1	Rp.48.000	Rp.48.000	2 tahun	Rp. 24.000
7	Drum pengendapan	1	Rp.46.000	Rp.46.000	7 tahun	Rp. 6.571
8	Jerigen penampung hasil	3	Rp.7.500	Rp.22.500	3 tahun	Rp. 7.500
Total				Rp653.500		Rp153.987

Selain peralatan produksi bahan baku tentunya mempunyai peran penting dalam menunjang proses produksi biodiesel dengan rincian yang ditunjukkan pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Biaya Bahan Baku

No	Bahan Baku	Satuan	Harga	Jumlah Pemakaian	Jumlah Harga
1.	Limbah Minyak Goreng	Limbah Minyak Goreng Rata-Rata 45 Liter/Bulan	Rp3.000	45 Liter/Bulan	Rp. 135.000
2.	Metanol	1 Liter	Rp 15.000	11,25 Liter	Rp.168.750
3.	KOH	1 Kg	Rp 37.500	405 gram	Rp.15.187
Total					318.937

Berikut merupakan perhitungan biaya pokok produksi perbulan dengan rincian sebagai berikut:

- Hasil produksi biodiesel perbulan 43 liter
- Biaya tenaga kerja
Produksi harian $50.000 \times 3 = 150.000$
- Biaya penyusutan perbulan $= \frac{153.987}{12 \text{ bulan}} = \text{Rp } 12.832$
- Biaya bahan baku = 318.937
- Total biaya produksi perbulan = biaya bahan baku + biaya penyusutan + biaya tenaga kerja
 $= \text{Rp } 318.937 + \text{Rp } 12.832 + \text{Rp } 150.000 = \text{Rp } 481.769$
- Harga pokok produksi perliter (bulanan)
 $= \frac{\text{HPP}}{43} = \frac{\text{Rp } 481.769}{43} = \text{Rp } 11.203$

4.4.2 Estimasi pendapatan

Perhitungan estimasi pendapatan dilakukan dengan mengacu pada harga jual biodiesel sebesar Rp14.000/liter yang berlaku di pasar non-resmi. Harga ini masih berada di bawah harga pasar resmi yaitu Rp14.290 per liter berdasarkan data Kementerian ESDM per April 2025. Untuk menilai potensi keuntungan dan kelayakan usaha secara finansial dengan rincian sebagai berikut:

Perhitungan untuk 45 liter dengan harga Rp14.000/liter

$$\text{Hasil Biodiesel} = \text{Volume Minyak Jelantah} \times \frac{\text{Hasil Biodiesel per 100 mL}}{100}$$

$$\text{Hasil Biodiesel} = 45.000 \text{ ml} \times \frac{96}{100}$$

$$\text{Hasil Biodiesel} = 43.200 \text{ ml (43 liter)}$$

Perhitungan pendapatan bulanan

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan bulanan} &= 43 \text{ liter} \times \text{Rp}14.000/\text{liter} \\ &= \text{Rp } 602.000/\text{bulan} \end{aligned}$$

Laba Bersih

$$\begin{aligned} &= \text{Total Pendapatan} - \text{Total Biaya Produksi} \\ &= \text{Rp } 602.000/\text{bulan} - \text{Rp } 481.769/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 120.231 \end{aligned}$$

Dalam proses produksi biodiesel dari limbah minyak goreng, perhitungan laba bersih menjadi faktor penting untuk menentukan kelayakan usaha. Laba bersih diperoleh dengan menghitung selisih antara total pendapatan dan total biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi. Analisis ini menunjukkan bahwa pada harga jual Rp14.000/liter menghasilkan laba bersih sebesar Rp. 120.231

4.4.3 Perhitungan analisis finansial

1. Perhitungan *Net present value* (NPV)

Net Present Value (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang dari arus kas masuk dan arus kas keluar yang diharapkan dari suatu investasi dengan tingkat diskontro 10 persen (Kasmir, 2016) yang dirumuskan sebagai berikut:

Diketahui:

$$C_0 = \text{investasi awal} = \text{Rp } 653.500$$

$$CF_t = \text{Laba bersih tahunan} = \text{laba bersih bulanan} \times 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp. } 120.231 \times 12 = \text{Rp } 1.442.772$$

$$r = \text{Tingkat diskonto} = 10\%$$

$$\Sigma = \text{Periode} = 5 \text{ tahun}$$

$$NPV = \sum \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C_0$$

$$NPV = \left(\frac{\text{Rp } 1.442.772}{(1+0.10)^1} + \frac{\text{Rp } 1.442.772}{(1+0.10)^2} + \frac{\text{Rp } 1.442.772}{(1+0.10)^3} + \frac{\text{Rp } 1.442.772}{(1+0.10)^4} + \frac{\text{Rp } 1.442.772}{(1+0.10)^5} \right) - 653.500$$

$$NPV = (1.311.610 + 1.192.373 + 1.083.975 + 985.432 + 895.847) - 653.500$$

$$NPV = 5.469.237 - 653.500$$

$$NPV = \text{Rp } 4.815.737$$

Berdasarkan perhitungan NPV didapatkan hasil Rp 4.815.737 ($NPV > 0$) sehingga dapat dikatakan usulan untuk pengolahan biodiesel layak untuk pertimbangan.

2. Perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR)

Pada perhitungan ini tingkat diskonto dimana NPV dari semua arus kas dalam proyek yang sama dengan nol. Untuk menghitung IRR, menggunakan rumus yang sama dengan NPV, tetapi mencari nilainya R yang membuat NPV=0 (Kasmir, 2016). Untuk mencari IRR dengan rumus:

Diketahui:

i_1 = tingkat diskonto pertama 10%

i_2 = tingkat diskonto kedua 50%

NPV1 = 4.815.737

NPV2 = 1.192.373

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV1}}{\text{NPV1} + \text{NPV2}} (i_2 - i_1) \\ \text{IRR} &= 10\% + \frac{4.815.737}{4.815.737 - 1.192.373} \times (50\% - 10\%) \\ \text{IRR} &= 10\% + \frac{4.815.737}{3.623.364} \times 40\% \\ \text{IRR} &= 10\% + (1,33) \times 40\% \\ \text{IRR} &= 10\% + 53,2\% \\ \text{IRR} &= 63,16\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa IRR proyek ini sebesar 63,16% lebih besar dari tingkat diskonto 10% dari yang ditetapkan dengan artian investasi dalam produksi biodiesel dari limbah minyak goreng akan menguntungkan.

3. Perhitungan *Payback Period*

Payback period merupakan pengembalian waktu investasi awal dari arus kas bersih yang dihasilkan. Menurut Nugroho and Margana (2024) periode pengembalian didapatkan dari waktu ketika arus kas kumulatif \geq Investasi awal yang dirumuskan sebagai berikut:

Diketahui:

Investasi awal = 653.500

Kas bersih = laba bersih bulanan x 12 bulan
 = Rp. 120.231 x 12
 = Rp. 1.442.772

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{kas bersih /tahun}}$$

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{653.500}{1.442.772}$$

$$\text{Periode Pengembalian} = 0,45 \text{ tahun}$$

Berdasarkan perhitungan *payback period* (PP), periode pengembalian investasi untuk proyek biodiesel ini adalah 0,45 tahun atau 5,4 bulan.

4. Perhitungan *Break Even Point*

Pada titik ini suatu usaha tidak mengalami keuntungan maupun kerugian atau dengan kata lain berada pada kondisi impas Manuho *et al* (2021). perhitungan BEP dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya tetap} &= \text{biaya penyusutan/bulan} + \text{tenaga kerja} \\ &= \text{Rp } 12.832 + \text{Rp } 150.000 = \\ &= \text{Rp } 162.832 \\ \text{Biaya variabel/bulan} &= \text{Rp } 318.937 \\ \text{Biaya variabel/liter} &= \text{Rp } 7,417/\text{liter} \\ \text{Break Even Point} &= \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{harga jual perliter} - \text{biaya variabel perliter}} \\ &= \frac{\text{Rp } 162.832}{\text{Rp } 14.000 - 7,417} \\ &= 24,75 = 25 \text{ liter} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, titik impas usaha biodiesel tercapai pada produksi sebesar 25 liter per bulan. Artinya, usaha perlu memproduksi dan menjual minimal 25 liter biodiesel setiap bulan agar pendapatan yang diperoleh cukup untuk menutupi seluruh biaya produksi, baik tetap maupun variabel. Dengan kapasitas produksi saat ini sebesar 43 liter per bulan, usaha telah melampaui titik impas dan menghasilkan keuntungan. Selisih produksi sebesar 18 liter di atas titik impas mencerminkan efisiensi dan potensi laba yang signifikan dari usaha ini.

4.5 Analisa Aspek Lingkungan

Dalam menganalisis aspek lingkungan proses pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng digunakan *software* OpenLCA. Hasil analisis ini akan memberikan gambaran tentang keberlanjutan produksi biodiesel untuk mengurangi dampak lingkungan dengan penjabaran sebagai berikut:

4.5.1 Life Cycle Inventory (LCI)

Dalam pengumpulan data yang terdiri dari aliran material, energi, dan emisi pada proses pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel. *Life cycle inventory* (LCI) mencatat *input* seperti bahan baku dan energi yang menjadi dasar untuk pengolahan menggunakan *software* openLCA pada tabel 4.8 dibawah ini:

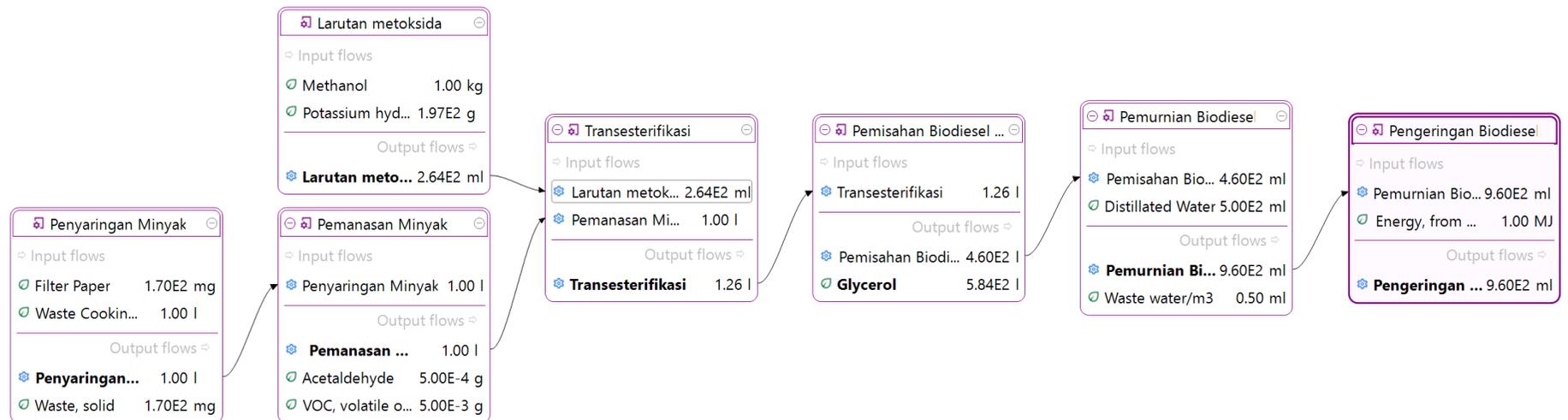
Tabel 4. 8 *Life Cycle Inventory* (LCI)

Proses	Input	Output	Dampak Lingkungan
Penyaringan minyak	Limbah minyak 1 liter	Minyak bersih	<i>Emission to air</i> yang mungkin disebabkan oleh pelepasan gas volatil dari minyak saat penyaringan
Pembuatan larutan katalis	Metanol 250 ml, KOH 0,9 g	Larutan metoksida	<i>Emission to air</i> yang mungkin disebabkan oleh metanol dapat menguap ke udara saat pengadukan.
Transesterifikas	Minyak bersih, larutan katalis, panas ($\pm 50-60^{\circ}\text{C}$)	Campuran biodiesel-gliserol	<i>Emission to air</i> yang mungkin disebabkan oleh pemanasan dan reaksi kimia
Pemisahan	Waktu (8–24 jam), wadah kaca	Biodiesel kasar, gliserol	<i>Emission to Water</i> yang mungkin disebabkan oleh cairan residu yang terbentuk selama pemisahan.
Pemurnian (cuci air)	Air suling hangat 500 ml ($\pm 3x$ pencucian), energi aduk	Air limbah, biodiesel murni	Water Use air yang mungkin disebabkan oleh air limbah mencemari lingkungan jika tidak diolah.
Hasil akhir		Biodiesel 96 ml	penggunaan energi <i>Global Warming Potential</i> selama siklus hidup suatu produk atau proses

4.5.2 Proses Pengolahan Limbah Minyak Goreng Menjadi Biodiesel dengan *Software* Openlca

Dalam upaya mengoptimalkan pengelolaan limbah minyak goreng menjadi biodiesel sebagai sumber energi terbarukan digunakan *software* OpenLCA, sebuah perangkat lunak analisis siklus hidup (*Life Cycle Assessment*) untuk menilai potensi dampak lingkungan dari berbagai tahap pengolahan biodiesel mulai dari input bahan hingga keluaran proses yang dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini:





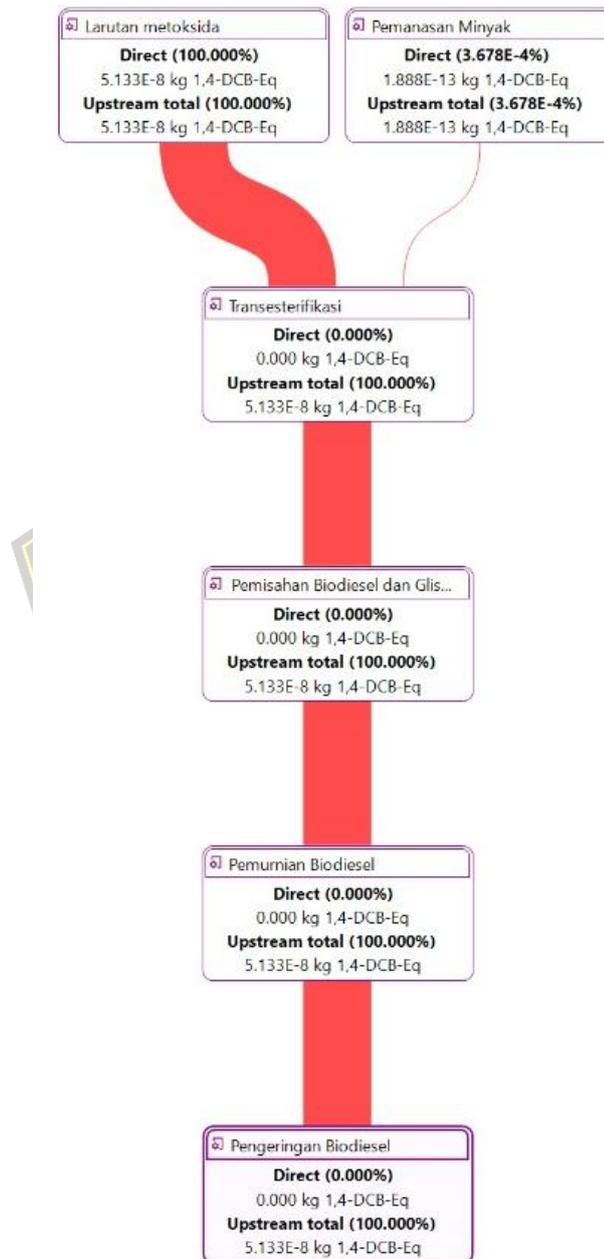
Gambar 4.9 Proses pengolahan biodiesel dengan *software* OpenLCA

Berdasarkan hasil pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel pada gambar 4.20 menggunakan *software* OpenLCA untuk memetakan alur input dan output dari setiap tahap. Analisis ini mencakup beberapa tahap penting, yaitu:

1. Penyaringan Minyak : Proses diawali dengan menyaring limbah minyak goreng menggunakan filter paper sebanyak 1,702 mg untuk membersihkan dari kotoran padat. Dari tahap ini dihasilkan minyak bersih sebanyak 1 liter dan limbah padat berupa ampas hasil saringan.
2. Pemanasan Minyak : Minyak yang telah disaring kemudian dipanaskan untuk mencapai suhu reaksi yang dibutuhkan dalam proses transesterifikasi. Selama pemanasan ini, muncul emisi berupa asetaldehida 0.0005g dan senyawa organik volatil (VOC) sekitar 0.005 gram sebagai dampak dari pemanasan senyawa organik.
3. Pembuatan Larutan Metoksida (Katalis): Larutan metoksida dibuat dengan mencampurkan 1 kg metanol dan 1,972g kalium hidroksida (KOH). Campuran ini diaduk hingga larut sempurna dan menghasilkan larutan katalis sebanyak 2,642 ml yang siap digunakan dalam reaksi.
4. Transesterifikasi : Proses transesterifikasi dilakukan dengan mencampurkan minyak panas (1 liter) dengan larutan metoksida (2,642 ml). Reaksi ini berlangsung selama 90 menit pada suhu 50–60°C dan menghasilkan campuran sebesar 1,26 liter yang terdiri dari biodiesel dan gliserol.
5. Pemisahan Biodiesel dan Gliserol :Campuran hasil transesterifikasi kemudian didiamkan selama 8–24 jam untuk memisahkan dua fasa. Proses ini menghasilkan 460,2 ml biodiesel kasar yang berada di lapisan atas dan 584,2 ml gliserol yang berada di bawah.
6. Pemurnian Biodiesel: Biodiesel kasar dicuci menggunakan air suling hangat sebanyak 500 ml untuk menghilangkan sisa katalis, gliserol, dan kotoran lainnya. Proses ini menghasilkan 960,2 ml biodiesel murni dan air limbah sebesar 0,5 liter.
7. Pengeringan Biodiesel: Terakhir, biodiesel murni dikeringkan menggunakan energi panas sebesar 1 MJ untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa. Hasil akhir dari proses ini adalah 960,2 ml biodiesel siap pakai.

4.5.3 Hasil Pengolahan Limbah Minyak Goreng Menjadi Biodiesel dengan Software Openlca

Hasil pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel menggunakan *software* OpenLCA dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini:



Gambar 4.10 Hasil Pengolahan Biodiesel dengan Software Openlca

Diketahui bahwa 1,4-DCB-Eq adalah singkatan dari ekivalen 1,4-diklorobenzena. Satuan yang digunakan untuk mengukur dampak toksisitas terhadap lingkungan, terutama ekosistem dan kesehatan manusia. Nilai ini menunjukkan jejak toksisitas yang ditinggalkan suatu proses atau bahan dengan fokus pada efeknya terhadap organisme hidup akibat paparan bahan kimia berbahaya. Berdasarkan gambar 4.10 didapatkan rekapitulasi hasil pengolahan yang ditunjukkan pada tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.9 hasil pengolahan menggunakan software openLCA

Tahapan Proses	Direct (Emisi Langsung)	Upstream (Emisi Hulu)
Larutan Metoksida	100.000%	0.00000005133 g
Pemanasan Minyak	0.000003678%	0.0000000000001888 g
Transesterifikasi	0.000	0.00000005133 g
Pemisahan Biodiesel dan Gliserol	0.000	0.00000005133 g
Pemurnian Biodiesel	0.000	0.00000005133 g
Pengeringan Biodiesel	0.000	0.00000005133 g

Berikut merupakan analisis hasil pengolahan menggunakan *software* OpenLCA terhadap tahapan proses dan dampaknya:

1. **Larutan Metoksida**

Direct (100.000%): Mengindikasikan seluruh kontribusi dampak lingkungan berasal dari proses *upstream* atau hulu, seperti produksi bahan baku (metanol dan KOH). Upstream Total: 0.00000005133 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna nilai ini mencerminkan tingginya toksisitas bahan baku yang digunakan dalam larutan metoksida. Penggunaan metanol dan katalis berbasis KOH memerlukan proses produksi yang menghasilkan senyawa kimia toksik.

2. **Pemanasan Minyak**

Direct (3.678E+4%): Mengindikasikan dampak langsung dari energi yang digunakan dalam pemanasan minyak. Upstream Total: 0.0000000000001888 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna tahapan dengan dampak terbesar karena tingginya konsumsi energi dari bahan bakar fosil, yang menghasilkan jejak toksisitas tinggi terhadap lingkungan.

3. **Transesterifikasi**

Direct (0.000%): Tahap ini tidak menghasilkan dampak langsung terhadap toksisitas. Upstream Total: 0.00000005133 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna dampak toksisitas berasal dari bahan baku dan energi yang dipakai pada tahapan sebelumnya.

4. **Pemisahan Biodiesel dan Gliserol**

Direct (0.000%): Tidak ada dampak langsung dari tahap ini. Upstream Total: 0.00000005133 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna seperti proses transesterifikasi, kontribusi dampaknya berasal dari tahapan input yang telah dihitung sebelumnya.

5. **Pemurnian Biodiesel**

Direct (0.000%): Tidak ada dampak langsung terhadap toksisitas. Upstream Total: 0.00000005133 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna Penggunaan air suling dan energi untuk pencucian memberikan kontribusi dampak yang signifikan, meskipun berasal dari proses hulu.

6. **Pengeringan Biodiesel**

Direct (0.000%): Tidak ada dampak langsung. Upstream Total: 0.00000005133 g 1,4-DCB-Eq yang bermakna dampaknya berasal dari energi yang digunakan untuk mengeringkan biodiesel yang biasanya bersumber dari bahan bakar fosil.

4.5.4 Perbandingan Penanganan Limbah

Pada bagian ini akan dilakukan analisis perbandingan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari limbah minyak goreng tanpa adanya penanganan dan pengolahan yang ditunjukkan pada tabel 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.10 Toksisitas Minyak Jelantah Jika Dibuang Langsung ke Lingkungan

Komponen Limbah Minyak	Media Lingkungan Terdampak	Dampak toksisitas	Kategori toksik	Keterangan	Sumber
Minyak nabati terdegradasi	Air, tanah	Membentuk lapisan di permukaan air, menghambat oksigen	Sedang (ekotoksik)	Mengganggu respirasi organisme akuatik	Stanley manahan (2022)
Asam lemak bebas (FFA)	Air, tanah	Meningkatkan pencemaran organik, mempercepat degradasi biologis	Sedang – tinggi (organik reaktif)	Memengaruhi mikroorganisme, meningkatkan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> dan <i>Chemical Oxygen Demand</i>	Awogbemi, Onuh and Inambao (2019)
Logam berat (dari penggorengan)	Tanah, air	Akumulasi di tanah dan tubuh makhluk hidup, efek jangka panjang	Toksik dan bioakumulatif	Sering berasal dari alat masak atau kontaminasi bahan	(Hussain <i>et al.</i> , 2022)
Senyawa PAH (<i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</i>)	Air, tanah	Bersifat karsinogenik, persisten di lingkungan	Sangat toksik	Terbentuk dari penggorengan suhu tinggi dan waktu lama	Ravindra and Sokhi (2008)

Perbandingan antara pembuangan limbah minyak goreng secara langsung dan pengolahannya menjadi biodiesel akan jauh lebih bermanfaat dibandingkan dengan pembuangan langsung, baik dari segi lingkungan, ekonomi, sosial, maupun keberlanjutan yang ditunjukkan pada tabel 4.11 dibawah ini:

Tabel 4.1 Perbandingan pembuangan limbah langsung dengan pengolahan menjadi biodiesel

Aspek	Pembuangan langsung	Pengolahan menjadi biodiesel
Dampak lingkungan	Berpotensi mencemari lingkungan	Mengurangi limbah yang mencemari lingkungan
	Mengganggu ekosistem air	Mengurangi emisi karbon dibanding bahan bakar fosil
Manfaat ekonomi	Tidak memberikan nilai tambah	Menghasilkan produk dengan nilai ekonomi tinggi (biodiesel, gliserol).
	Biaya pengelolaan limbah lebih besar di tingkat kota.	Memberikan peluang usaha bagi UMKM.
Dampak sosial	Berisiko menimbulkan masalah kesehatan masyarakat.	Menyediakan bahan bakar alternatif yang lebih efisien.
	Menurunkan kualitas hidup di sekitar tempat pembuangan.	Membuka lapangan kerja baru.
Hasil akhir	Limbah yang mencemari lingkungan dan tidak ada manfaat lanjutan dari limbah.	Biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan gliserol sebagai produk sampingan

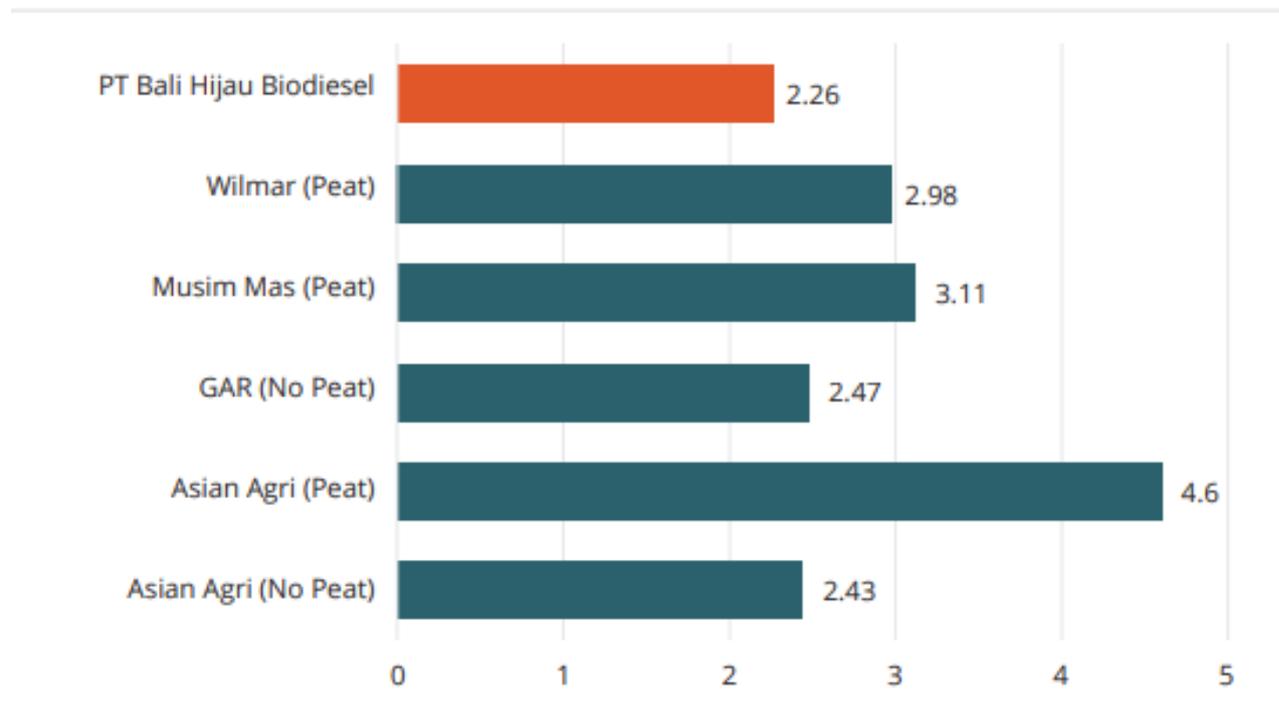
4.5.5 Perbandingan antara biodiesel dari limbah minyak goreng dengan solar (diesel fosil)

1. Perbandingan Emisi Ditinjau dari Proses Produksi

Menurut (Pratama *et al.*, 2022) Biodiesel B30 berbasis *use cooking oil* memiliki emisi yang paling rendah sebesar 2,26 kg CO₂ eq/L B30. Akan tetapi, biodiesel berbasis minyak kelapa sawit mentah dari perusahaan Asian Agri yang tandan buah sawitnya berasal dari lahan gambut memiliki emisi tertinggi sebesar 4,60 kg CO₂ eq/L B30. Emisi Gas Rumah Kaca dari produksi B30 berbasis minyak kelapa sawit mentah paling besar ditemukan pada tahap produksi minyak kelapa sawit mentah di perkebunan. Tahap perkebunan memberikan kontribusi emisi sebesar 80%-94%. Hal ini diduga karena adanya timbulan emisi dari aktivitas

pembukaan lahan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Produksi biodiesel berbasis *Use Cooking Oil* menunjukkan nilai emisi produksi B30 terkecil karena tidak memerlukan kegiatan perkebunan dan rantai produksinya lebih pendek yang terdapat pada gambar 4.11 dibawah ini:

Gambar 4.11 Perbandingan Jumlah Emisi dari proses Produksi



Sumber: Traction Energy Asia (2022)

2. Perbandingan emisi ditinjau pada penggunaan mesin

Berikut merupakan perbandingan emisi biodiesel yang ditinjau pada penggunaan mesin dari solar dan minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 4.12:

Tabel 4.12 Perbandingan Emisi Pada Penggunaan Mesin

Hal	Solar	Jelantah	Keterangan
Emisi NO	1070 ppm	1005,8 ppm	Solar > jelantah
Emisi CO	184 ppm	209 ppm	Solar < jelantah
Emisi CH	18,4 ppm	13,7 ppm	Solar > jelantah
Emisi partikulat/debu	0,93	0,5	Solar > jelantah
Emisi SO ₂	Ada	Tidak ada	Solar > jelantah

Sumber : Kahar (2009)

Berdasarkan tabel yang disajikan, analisis emisi dari penggunaan solar dan minyak jelantah menunjukkan beberapa perbedaan signifikan. Pertama, emisi NO (Nitrogen Oksida) dari solar mencapai 1070 ppm sedangkan minyak jelantah lebih rendah di angka 1005,8 ppm menandakan bahwa minyak jelantah lebih ramah lingkungan dalam hal emisi nitrogen oksida. Kedua, emisi CO (Karbon Monoksida) dari solar tercatat sebesar 184 ppm sementara minyak jelantah menghasilkan emisi yang lebih tinggi diangka 209 ppm yang menunjukkan bahwa minyak jelantah menghasilkan lebih banyak karbon monoksida. Ketiga, untuk emisi CH (Hidrokarbon) solar menghasilkan 18,4 ppm sedangkan minyak jelantah hanya 13,7 ppm, menunjukkan efisiensi minyak jelantah dalam mengurangi emisi hidrokarbon. Keempat, emisi partikulat dari solar adalah 0,93 sedangkan minyak jelantah hanya 0,5 yang berarti minyak jelantah menghasilkan lebih sedikit partikel debu yang lebih baik untuk kesehatan dan lingkungan. Terakhir, solar menghasilkan emisi SO₂ (Sulfur Dioksida) sementara minyak jelantah tidak menghasilkan emisi ini sama sekali sehingga menjadikannya pilihan yang lebih baik dalam konteks polusi udara.

4.6 Analisa Hipotesa

Adapun analisa hipotesa dari masing-masing penilaian adalah sebagai berikut:

1. Uji Coba Pembuatan Biodiesel

Penelitian ini mengajukan dua hipotesis terkait uji coba pembuatan biodiesel yaitu hasil uji GC-MS untuk kadar metil ester dan hasil uji laboratorium terpadu untuk densitas dan viskositas. Hipotesis pertama terbukti dengan hasil uji GC-MS menunjukkan bahwa kadar metil ester mencapai 96,72% yang melebihi nilai minimum 96,5% yang disyaratkan oleh SNI sehingga menegaskan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi. Hipotesis kedua terbukti dengan indikator viskositas sebesar 5,6 mm²/s masih berada dalam rentang 2,3–6,0 mm²/s yang disyaratkan menunjukkan karakteristik aliran bahan bakar yang sesuai untuk mesin diesel. Namun, hasil uji densitas menunjukkan nilai 0,90 kg/cm³, yang tidak sesuai dengan standar SNI yang mensyaratkan kisaran 0,85–0,87 kg/cm³.

Ketidaksesuaian ini dapat disebabkan oleh kandungan residu gliserol atau air yang belum sepenuhnya tereliminasi selama proses pemurnian sehingga perlu adanya perbaikan pada tahapan pemurnian biodiesel untuk melakukan optimalisasi khususnya proses pencucian dan pengeringan guna menurunkan nilai densitas agar sesuai dengan standar SNI.

2. Aspek Teknis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat empat hipotesis yang dapat diajukan untuk UMKM bawang goreng dapur ema. Pertama peralatan produksi yang digunakan sangat mendukung dengan kapasitas produksi yang ditetapkan dalam skala kecil. Kedua pemilihan terhadap komposisi bahan baku seperti metanol dan katalis KOH untuk memastikan reaksi transesterifikasi berlangsung secara optimal. Ketiga proses produksi dengan pengaturan rasio yang tepat dan kondisi reaksi optimal akan menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi serta untuk mengatasi ketidaksesuaian pada parameter densitas, maka diperlukan perbaikan pada proses pemurnian. Keempat produksi dilakukan dengan melibatkan satu orang pekerja di area produksi seluas 48 m² cukup untuk mendukung semua tahapan produksi dengan analisis teknis menunjukkan bahwa ruang tersebut dapat mendukung efisiensi produksi. Secara keseluruhan, keempat hipotesis ini memberikan dasar yang kuat untuk mendukung pengembangan usaha kedepan.

3. Aspek Finansial

Berdasarkan hasil analisis finansial, pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng layak untuk dikembangkan secara finansial. Perhitungan menunjukkan bahwa didapatkan harga pokok produksi sebesar Rp11.203/liter dengan harga jual Rp14.000/liter. Usaha ini menghasilkan laba bersih Rp120.231/bulan dengan investasi awal sebesar Rp653.500. Perhitungan *Net Present Value* (NPV) bernilai positif sebesar Rp4.815.737, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 63,16%, dan *Payback Period* selama 0,45 tahun (5,4 bulan). Hal ini membuktikan bahwa hipotesis pada produksi biodiesel ini layak secara finansial dengan potensi keuntungan jangka panjang.

4. Aspek Lingkungan

Dari sisi lingkungan data diolah dengan *software* OpenLCA, pengolahan limbah minyak goreng menjadi biodiesel terbukti memiliki dampak lingkungan yang relatif rendah. Hipotesis pertama, pada tahap *Life Cycle Inventory (LCI)* dicatat input seperti limbah minyak 1 liter, metanol 25 ml, KOH 0,9g memberikan kontribusi terbesar terhadap dampak toksisitas lingkungan adalah proses pembuatan larutan metoksida sebesar 0.00000005133g 1,4-DCB-Eq. Sementara itu, tahapan seperti transesterifikasi, pemisahan, pemurnian, dan pengeringan tidak menghasilkan *emisi langsung* (direct = 0.000), namun tetap memiliki kontribusi dari sisi emisi hulu (*upstream*). Hipotesis kedua, perbandingan antara biodiesel dari limbah minyak goreng dengan solar (*diesel fosil*) yang ditinjau dari proses produksi memiliki jumlah yang paling sedikit yaitu 2,26 kg CO₂ eq/L B30 di PT Bali Hijau Biodiesel dibandingkan dari Wilmar, Musim Mas, GAR, Asian Agri karena tidak memerlukan kegiatan perkebunan dan rantai produksinya lebih pendek. Jika ditinjau pada penggunaan mesin uji gas buang menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan emisi partikulat 0,5 lebih rendah dibanding solar (0,93), CH 13,7 ppm (18,4 ppm pada solar), dan CO 209 ppm (184 ppm pada solar), meskipun emisi NO pada biodiesel sedikit lebih tinggi yaitu 1005,8 ppm dibandingkan 1070 ppm pada solar. Hasil ini membuktikan bahwa usaha ini layak dan bermanfaat untuk lingkungan karena tidak hanya mengurangi pencemaran dan emisi karbon, tetapi juga menghasilkan bahan bakar alternatif yang lebih bersih, efisien, dan mendukung industri berkelanjutan sehingga hipotesis bahwa usaha ini terbukti dapat diterima.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

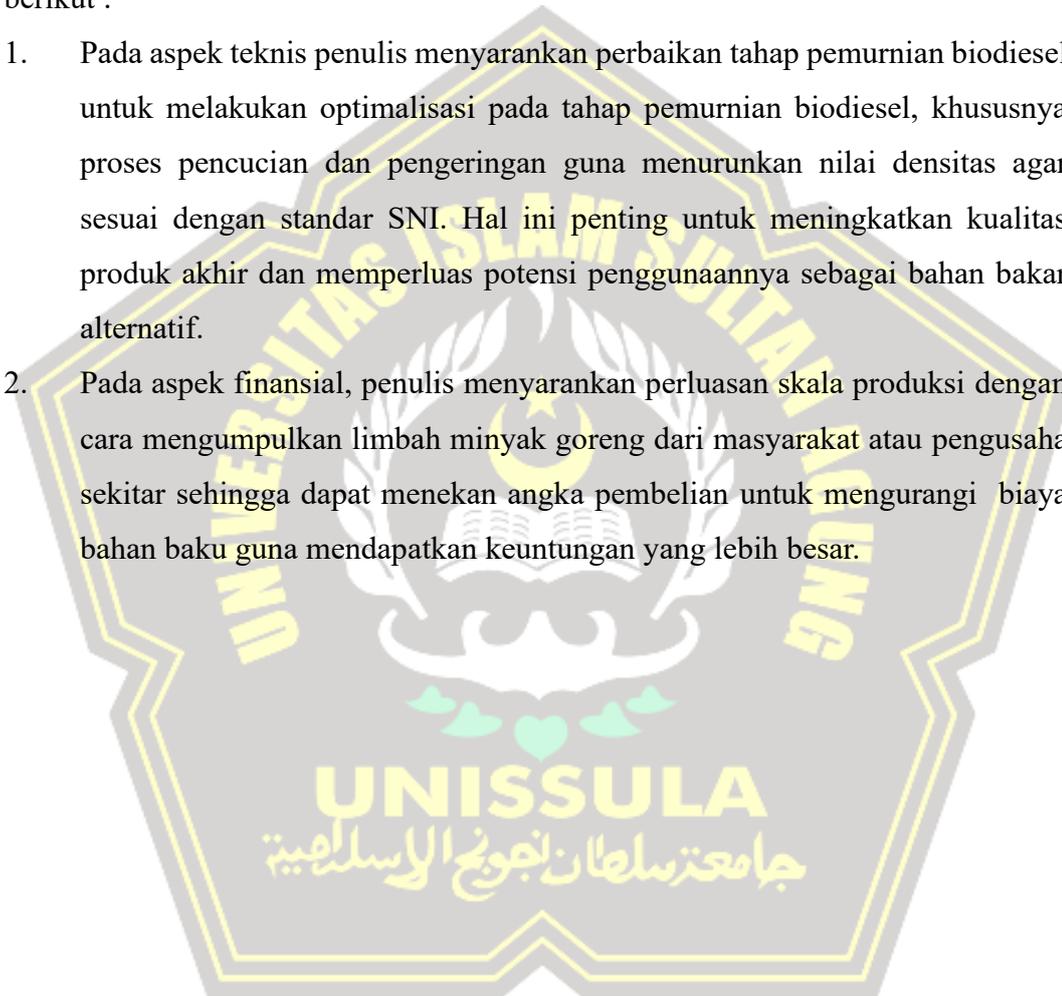
1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng melalui tahapan proses transesterifikasi secara teknis dapat dilakukan di UMKM Bawang Goreng Dapur Ema dengan kapasitas produksi 15 liter/produksi yang dilakukan dalam 3x proses produksi dalam sebulan. Dalam eksperimen uji coba pembuatan biodiesel mampu menghasilkan kadar metil ester sebesar 96,72% dan viskositas senilai 5,6 mm²/s memenuhi standar SNI yang menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Namun, hasil uji densitas sebesar 0,90 kg/cm³ belum memenuhi standar. Dalam hal proses produksinya pengolahan membutuhkan satu karyawan dengan luas area produksi 48 m².
2. Berdasarkan analisis finansial, usaha pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng terbukti layak dijalankan. Perhitungan menunjukkan keuntungan bulanan sebesar Rp481.769 dengan keuntungan bersih Rp120.231/perbulan. Metode *Net Present Value* (NPV) bernilai positif sebesar Rp4.815.737, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 63,16%, dan *Payback Period* selama 0,45 tahun (5,4 bulan). menunjukkan pengembalian cepat dan profitabilitas tinggi. Dengan demikian, usaha pengolahan biodiesel dari limbah minyak goreng memiliki prospek yang sangat baik dan layak untuk dikembangkan.
3. Dampak lingkungan dari proses transesterifikasi limbah minyak goreng menjadi biodiesel jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan pembuangan limbah minyak secara langsung karena dapat mengurangi potensi pencemaran air, tanah, dan emisi karbon, serta mendukung prinsip ekonomi sirkular dan industri berkelanjutan. Perbandingan dengan solar ditinjau dari proses produksi memiliki jumlah emisi yang paling kecil sebesar 2,26 kg CO₂ eq/L B30 dan ditinjau dari penggunaan pada mesin emisi NO, emisi CH,

emisi partikulat dan Emisi SO₂ solar lebih besar menghasilkan emisi dibandingkan limbah minyak sedangkan Emisi CO limbah minyak lebih besar dibandingkan minyak solar.

5.2 Saran

Saran kepada pihak perusahaan terkait hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada aspek teknis penulis menyarankan perbaikan tahap pemurnian biodiesel untuk melakukan optimalisasi pada tahap pemurnian biodiesel, khususnya proses pencucian dan pengeringan guna menurunkan nilai densitas agar sesuai dengan standar SNI. Hal ini penting untuk meningkatkan kualitas produk akhir dan memperluas potensi penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif.
2. Pada aspek finansial, penulis menyarankan perluasan skala produksi dengan cara mengumpulkan limbah minyak goreng dari masyarakat atau pengusaha sekitar sehingga dapat menekan angka pembelian untuk mengurangi biaya bahan baku guna mendapatkan keuntungan yang lebih besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Aroua, Atadashi. (2012) *Produksi Biodiesel Menggunakan Bahan Baku Asam Lemak Bebas Tinggi*. Edisi Lima.
- Astuti, A. D. (2019) 'Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)', *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), Pp. 51–64. Doi: 10.33658/Jl.V15i1.127.
- Awogbemi, O., Onuh, E. I. And Inambao, F. (2019) '*Comparative Study Of Properties And Fatty Acid Composition Of Some Neat Vegetable Oils And Waste Cooking Oils Potential Of Organic Amendments For Heavy Metal Contamination In Soil–Coriander System: Environmental Fate And Associated Ecological Risk*', (July), Pp. 417–425. Doi: 10.1093/Ijlet/Ctz038.
- Bruijn, H. D. (2004) *Handbook On Life Cycle Assessment: Operational Guide To The ISO Standards (1st Ed.)*.
- Brundtland, G. H. (1988) '*Japan Whalers To Defy Ban World Commission On Environment And Development*', *Environmental Policy And Law*, 14(1985), Pp. 26–30.
- Curran, M. A. (2006) '*Life Cycle Assessment: Principles And Practice, Amerika Serikat: Environmental Protection Agency (EPA)*'.
- Erfanita, D. (2024) '*Cost-Benefit Analysis Of Fish Waste Utilization In The Fish Cracker Center Of Sei Lekop, Bintan Regency* ', 17(1), Pp. 459–466.
- Foundation, E. M. (2013) *Towards The Circular Economy. Ellen Macarthur Foundation*.
- Hadrah, H., Kasman, M. And Sari, F. M. (2018) '*Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel Dengan Proses Transesterifikasi*', *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), P. 16. Doi: 10.33087/Daurling.V1i1.4.
- Hamonangan, S. P., Handayani, N. U. And Bakhtiar, A. (2017) '*Evaluasi Dampak Proses Produksi Dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizon Terhadap Lingkungan Dengan Metode Life Cycle Assessment*', *Industrial Engineering* <https://Ejournal3.Undip.Ac.Id/Index.Php/Ieoj/Article/View/16494>.

- Hamsyah Adhari, D. And Putri Utami, S. (2016) 'Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat : Pengaruh Waktu Reaksi', *Jom Fteknik*, 3(2), P. 1.
- Hayati, A. *Et Al.* (2024) 'Pelatihan Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Lilin Aromaterapi Asfitri', 2(3), Pp. 8–16.
- Hussain, M. I. *Et Al.* (2022) '*Potential Of Organic Amendments For Heavy Metal Contamination In Soil – Coriander System : Environmental Fate And Associated Ecological Risk*'.
- Indrawan, N. And Wijaya, M. E. (2011) '*Addressing Palm Biodiesel As Renewable Fuel For The Indonesian Power Generation Sector: Java-Madura-Bali System*', *IPTEK The Journal For Technology And Science*, 22(4). Doi: 10.12962/J20882033.V22i4.79.
- Irawati, D. Y. And Andrian, D. (2018) 'Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)', *Jurnal Teknik Industri*, 19(2), Pp. 166–177. Doi: 10.22219/Jtiumm.Vol19.No2.166-177.
- IRENA (2018) *Renewable Energy Policies In A Time Of Transition*. International Renewable Energy Agency.
- Jumingan (2011) 'Studi Kelayakan Bisnis (Teori Dan Pembuatan Proposal Kelayakan).', *Teori Dan Pembuatan Proposal Kelayakan SKB*.
- Kahar, A. (2009) 'Kinetika Metanolisis Berkatalisis Asam Pada Pre-Treatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berkadar Asam Lemak Bebas (ALB) Tinggi', *FTU Rumul Keahlian Energi Dan Sistem Proses Teknologi Kimia*.
- Kapuji*, A. And , Sjahrul Hadi*, Z. A. (2008) 'Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelanta', *Jurnal Chemtech Teknik Kimia Universitas Serang Jaya*, 2(1), Pp. 1–6.
- Kasmir, J. (2016) *Studi Kelayakan Bisnis*. Edisi Pert. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Knothe G, J. G. And J. K. (2005) *The Biodiesel Handbook*. United States Of America: AOCS Press.
- Manuho, P. *Et Al.* (2021) 'Analisis Break Even Point (Bep)', *Jurnal Ipteks*

- Akuntansi Bagi Masyarakat*, 5(1), P. 21. Doi: 10.32400/Jiam.5.1.2021.34692.
- Nugroho, F. A. R. And Margana, R. R. (2024) 'How To Cite Analisis Kelayakan Investasi Pada Usaha Pertanian Sayur Menggunakan Metode NPV, IRR Dan PP Di Kampung Pojok Desa Jaya Mekar Kecamatan Padalarang Kabupaten Bandung Barat', *JSIM: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 5(4), Pp. 699–706. Available At: [Http://Doi.Org/10.36418/Syntax-Imperatif.V5i4.465](http://doi.org/10.36418/Syntax-Imperatif.V5i4.465).
- Phelia, A. And Damanhuri, E. (2019) 'Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus Tpa Bakung Kota Bandar Lampung)', *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), Pp. 85–100. Doi: 10.5614/J.Tl.2019.25.2.6.
- Phelia, A. And Sinia, R. O. (2021) 'Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung', *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1), Pp. 1555–1562. Doi: 10.32672/Jse.V6i1.2611.
- Pratama, T. A. *Et Al.* (2022) *Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Biodiesel Generasi Kedua, Buku Minyak Jelantah*.
- Pratiwi, D. A., Nugroho, H. A., & Sari, R. N. (2021) 'Analisis Kelayakan Usaha Mikro Berbasis Limbah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel', *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Lingkungan*, 10(1), 12-20.
- Pratiwi, N. And Prihatiningtyas, I. (2016) 'Perbandingan Proses Esterifikasi Dan Esterifikasi-Trans-Esterifikasi Dalam Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Pp. 1–7.
- Rahmiyati, A. L. *Et Al.* (2019) 'Cost Benefit Analysis (CBA) Program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Susu Pada Karyawan Di PT. Trisula Textile Industries Tbk Cimahi Tahun 2018', *Jurnal Ekonomi Kesehatan Indonesia*, 3(1), Pp. 125–134. Doi: 10.7454/Eki.V3i1.2740.
- Ravindra, K. And Sokhi, R. (2008) '*Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons : Source Attribution , Emission Factors And Regulation*', 42, Pp. 2895–2921. Doi: 10.1016/J.Atmosenv.2007.12.010.

Setiawati, Evy, And F. E. (2012) “Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel.”, *Jurnal Riset Industri*, Vol. 6, No. 2, 2012, Pp. 1-11., 6, No, P. 11.

Stanley, M. (2022) *Chemistry, Environmental*.

Suliyanto (2010) *Studi Kelayakan Bisnis Pendekatan Praktis*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Susanto, N. And Putranto, T. T. (2022) ‘Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode Life Cycle Analysis (Studi Kasus: Batik Encim Pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)’, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), Pp. 654–664. Doi: 10.14710/Jil.20.3.654-664.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2019) *Recycling Basics*. EPA, Environmental Protection Agency.

Yang, S. S. Et Al. (2015) ‘The Impact Of Automotive Product Remanufacturing On Environmental Performance’, *Procedia CIRP*, 29, Pp. 774–779. Doi: 10.1016/J.Procir.2015.01.017.

