

DRAFT PAPER_Undip Jurnal : Analisis Kerusakan Pada Minyak Jelantah dan Estimasi Emisi GRK Yang Ditimbulkan Dalam Proses Konversi Menjadi Biodisel di Kota Jakarta Timur

by user turnitin 003

Submission date: 22-May-2025 01:27PM (UTC+0700)

Submission ID: 2682006408

File name: DRAFT_PAPER_Undip_Jurnal_Template_JIL_v5.pdf (547.11K)

Word count: 8454

Character count: 51757

Analisis Degradasi Minyak Jelantah dan Dampaknya Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Produksi Biodiesel di DKI Jakarta

Sirin Fairus¹, Nurul Asiah², Teguh Sandi Wijaya¹ dan Tasya Nurfadila²

¹Prodi Teknik Lingkungan Universitas Bakrie; e-mail: sirin.fairus@bakrie.ac.id

²Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Bakrie

ABSTRAK

Pertumbuhan konsumsi minyak goreng di wilayah perkotaan, khususnya DKI Jakarta, menghasilkan limbah minyak jelantah dalam jumlah yang signifikan. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aspek teknis konversi minyak jelantah menjadi biodiesel, serta menghitung emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari tahapan transportasi dan proses transesterifikasi. Melalui pendekatan kualitatif dan kuantitatif, data dikumpulkan dari beberapa sumber minyak jelantah, dilanjutkan dengan analisis laboratorium terhadap biodiesel yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi minyak jelantah menjadi biodiesel memiliki potensi signifikan dalam peningkatan ketahanan energi lokal. Pada proses transesterifikasi dengan rasio minyak jelantah terhadap metanol sebesar 6:1, penggunaan katalis KOH 1%, kecepatan pengadukan 600 rpm, dan suhu 70 °C, diperoleh rata-rata hasil (yield) biodiesel sebesar 90,42%, atau sekitar 55.807 liter per hari di wilayah Jakarta Timur. Kualitas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 7182:2015, dengan spesifikasi sebagai berikut: nilai kalor sebesar 39,007 MJ/kg, viskositas pada suhu 40 °C sebesar 6,089 mm²/s, berat jenis pada suhu 15 °C sebesar 882,7 kg/m³, kandungan sulfur sebesar 44,105 ppm, angka setana sebesar 56,4, dan kestabilan oksidasi sebesar 543,05 menit. Perhitungan faktor emisi dilakukan dengan menjumlahkan emisi dari tahap pengumpulan minyak jelantah (berdasarkan jarak rata-rata terjauh) dan emisi dari proses transesterifikasi, yang menghasilkan total emisi sebesar 0,158723 kg CO₂ ekuivalen per liter biodiesel. Dengan demikian, estimasi total emisi GRK dari wilayah DKI Jakarta, yang berasal dari tahap transportasi dan proses transesterifikasi, mencapai 30,626 kg CO₂ ekuivalen per liter per hari. Sebagai tindak lanjut, disusun rekomendasi strategis untuk mendukung integrasi program biodiesel rumah tangga ke dalam agenda pembangunan berkelanjutan di Provinsi DKI Jakarta.

Kata kunci: Minyak jelantah, Biodiesel, Yield, SNI, Jakarta, Gas Rumah Kaca,

ABSTRACT

The increasing consumption of cooking oil in urban areas, particularly in DKI Jakarta, has resulted in a significant amount of used cooking oil (UCO) waste, which poses a serious threat to the environment if not managed properly. This study aims to analyse the technical aspects of converting UCO into biodiesel and calculate the greenhouse gas (GHG) emissions produced during the transportation and transesterification process stages. Data were collected from various sources of UCO using both qualitative and quantitative approaches, followed by laboratory analysis of the resulting biodiesel. The findings indicate that converting UCO into biodiesel holds significant to support efforts to enhance local energy security. Through the transesterification process using a UCO-to-methanol ratio of 6:1, 1% KOH catalyst, 600 rpm stirring speed, and a temperature of 70 °C, an average biodiesel yield of 90.42% was achieved, equivalent to approximately 55,807 litres per day in East Jakarta. The produced biodiesel meets the Indonesian National Standard (SNI) 7182:2015, with the following specifications: a calorific value of 39.007 MJ/kg, viscosity at 40 °C of 6.089 mm²/s, specific gravity at 15 °C of 882.7 kg/m³, sulfur content of 44.105 ppm, cetane number of 56.4, and oxidation stability of 543.05 minutes. GHG emission factors were calculated by summing emissions from the UCO collection stage, based on the longest average distance, and emissions from the transesterification process. The total emissions amount to 0.158723 kg CO₂ equivalent per litre of biodiesel produced. Consequently, total GHG emissions from the entire DKI Jakarta Province, derived from UCO transportation and the transesterification process, are estimated at 30,626 kg CO₂ equivalent per litre per day. Strategic recommendations have been developed to support the integration of household biodiesel programs into the sustainable development agenda of DKI Jakarta Province.

Keywords: Waste Cooking Oil, Biodiesel, Yield, SNI, Jakarta, Greenhouse Gas

Citation: Fairus, S., Asiah, N., Wijaya, T.S., dan Nurfadila, T. (2025). Analisis Degradasi Minyak Jelantah dan Dampaknya Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Produksi Biodiesel di DKI Jakarta

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang pesat seiring dengan pertumbuhan penggunaan kendaraan bermotor menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, semakin tinggi. Hal ini berpotensi mempercepat penurunan cadangan minyak bumi yang terbatas. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sumber bahan bakar pengganti yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan dapat dijangkau oleh masyarakat. Pemerintah Indonesia telah menyadari hal ini dan menetapkan kebijakan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil melalui Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk mengembangkan sumber energi terbarukan.

Sejak tahun 2008, Indonesia telah mengimplementasikan program campuran biodiesel dari minyak sawit mentah (CPO) dalam bahan bakar solar, yang dimulai dengan persentase 2,5% (B2,5). Persentase campuran ini terus meningkat seiring waktu. Pada 3 Januari 2025, pemerintah Indonesia melalui siaran pers Kementerian ESDM RI Nomor 001.Pers/04/SJ/2025, menetapkan penggunaan bahan bakar solar yang dicampur dengan biodiesel berbasis minyak sawit sebesar 40% (B40), yang mulai diberlakukan pada 1 Januari 2025.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewani, atau minyak bekas melalui proses transesterifikasi dengan alkohol (Szybist et al., 2005). Sebagai sumber energi terbarukan, biodiesel dihasilkan dari reaksi antara minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol, menghasilkan gliserol dan bahan bakar alternatif, yaitu biodiesel. Biodiesel memiliki keuntungan karena lebih ramah lingkungan, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, dan tidak beracun. Selain itu, biodiesel dapat terurai secara alami dengan bantuan mikroorganisme, dan dapat menggantikan solar tanpa modifikasi lebih lanjut pada mesin, menjadikannya sebagai alternatif bahan bakar fosil.

Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel dan dapat diterapkan dalam berbagai rasio, seperti 100% biodiesel (B100) atau campuran biodiesel dengan petrodiesel (Widyarini, 2022). Biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida atau esterifikasi asam lemak bebas, tergantung pada kualitas minyak nabati yang digunakan. Proses ini melibatkan reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol (umumnya metanol atau etanol), menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids Methyl Esters / FAME) dan gliserol sebagai produk sampingan (Prayanto & Salahudin, 2016). Biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah (waste cooking oil atau used cooking oil / UCO) juga semakin banyak diminati sebagai bahan baku biodiesel. Minyak jelantah, yang merupakan limbah dari minyak goreng

yang telah digunakan, dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dalam produksi biodiesel (Kristiana et al., 2023).

Indonesia, sebagai salah satu konsumen minyak goreng terbesar di dunia, memiliki potensi besar terkait minyak jelantah. PT Pertamina (Persero) mengungkapkan bahwa Indonesia juga merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia, yang turut memberikan kontribusi besar terhadap produksi minyak jelantah berbasis sawit. Populasi Indonesia yang mencapai 276 juta jiwa dan budaya kuliner dengan tradisi makan gorengan yang kuat menghasilkan volume tinggi minyak jelantah, baik dari rumah tangga, restoran, maupun industri makanan. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai pasar dengan potensi besar untuk pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel (<https://brin.go.id/news/122738/potensi-minyak-jelantah-untuk-masa-depan-energi-bersih>, diakses pada 13 Mei 2025).

Namun, di sisi lain, ada kebiasaan yang kurang tepat dalam penggunaan minyak goreng, seperti pengulangan pemakaian lebih dari dua kali, pengoplosan minyak bekas dengan minyak baru, dan penggunaan minyak curah tanpa merek (Febijanto et al., 2022). Praktik ini sering kali dilakukan untuk menghemat biaya dan meningkatkan rasa makanan (Amaliah, 2018). Penggunaan minyak goreng lebih dari dua kali dapat merusak kualitas minyak, yang ditandai dengan perubahan warna, aroma, rasa, serta peningkatan kandungan asam lemak bebas (Free Fatty Acid, FFA), bilangan peroksida, dan kontaminasi logam. Proses hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi yang terjadi pada minyak tersebut menyebabkan rasa yang tidak enak dan menurunnya kandungan vitamin serta asam lemak esensial dalam minyak goreng (Rachmawati & Rachmawati, 2021). Selain itu, konsumsi minyak jelantah yang tidak terkontrol dapat mengganggu kesehatan, sementara pembuangan minyak jelantah yang sembarangan, seperti dibuang ke sungai, tanah, atau saluran pipa, dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan dan kerusakan ekosistem.

Oleh karena itu, minyak jelantah perlu dikelola dengan baik untuk menghindari pencemaran lingkungan dan memanfaatkan potensi besar yang dimilikinya. Salah satu cara pemanfaatan minyak jelantah adalah dengan mengubahnya melalui proses kimia menjadi biodiesel. Biodiesel memiliki keunggulan karena menghasilkan sedikit polusi dibandingkan dengan bahan bakar minyak fosil dan dapat digunakan tanpa modifikasi lebih lanjut pada mesin diesel (Bismo et al., 2005). Oleh karena itu, minyak goreng bekas seharusnya tidak dibuang, melainkan dikumpulkan dan diolah menjadi produk lain, seperti biodiesel.

Rata-rata konsumsi minyak goreng per kapita di perkotaan dalam sebulan sebesar 1,02 liter, dan minyak goreng termasuk dalam lima komoditas dengan pengeluaran tertinggi di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023). Menurut informasi dari Koordinator Keteknikan dan Lingkungan Bioenergi, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), Kementerian ESDM, minyak jelantah atau UCO memiliki nilai pasar yang cukup baik. Jika dikelola dengan baik, minyak jelantah memiliki potensi untuk diolah menjadi biodiesel yang dapat menggantikan minyak solar bagi sektor transportasi dan industri. Beberapa negara telah lebih dulu memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel. Pengelolaan minyak jelantah dengan baik dapat memenuhi hingga 32% kebutuhan biodiesel nasional, selain memberikan peluang pasar baik di dalam negeri maupun luar negeri, serta menghemat biaya produksi sekitar 35% dibandingkan biodiesel yang dihasilkan dari CPO (crude palm oil). Selain itu, pengolahan minyak jelantah dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 91,7% dibandingkan dengan solar. Prinsip zero process juga diterapkan dalam siklus pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel. Saat ini, baru ada dua badan usaha biodiesel berbasis minyak jelantah, yaitu Alpha Glacial Cinery dan PT Hijau Biodiesel (<https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/peluang-dan-tantangan-pemanfaatan-biodiesel-berbasis-minyak-jelantah>, diakses pada 25 Januari 2025).

Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute (Paspi) menyatakan bahwa pemanfaatan minyak jelantah untuk substitusi CPO dalam bahan baku biodiesel adalah langkah yang baik dari aspek ekonomi, kesehatan, dan lingkungan. Dengan memanfaatkan 1 juta kiloliter minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel, Indonesia bisa mengurangi penggunaan CPO untuk biodiesel, sehingga beban industri sawit bisa lebih ringan. CPO dapat lebih difokuskan untuk kebutuhan pangan, oleokimia, dan biofuel lainnya (seperti bensin sawit dan avtur sawit), tanpa terganggu.

Berdasarkan kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam minyak nabati, proses pembuatan biodiesel secara komersial dibedakan menjadi dua metode, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi adalah proses konversi asam lemak bebas menjadi ester, yang melibatkan reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol, menggunakan katalis berkarakter asam kuat (Listiawati, 2007). Menurut Leung et al. (2010) yang dikutip dalam Palanisamy dkk. (2013), tingkat FFA dan kadar air yang menguntungkan untuk proses transesterifikasi dengan katalis basa masing-masing adalah di bawah 1% berat dan 0,05% berat. Namun, minyak jelantah umumnya menunjukkan FFA lebih dari 2% berat dan kadar air di atas 0,05% berat.

Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) No. 2/2025 merupakan perubahan dari Peraturan Menteri Perdagangan No. 26/2024 mengenai Ketentuan Ekspor Produk Turunan Kelapa Sawit. Permendag ini bertujuan untuk menjamin ketersediaan bahan baku minyak goreng dan mendukung implementasi biodiesel B40.

44

Selain kelapa sawit, FAME (Fatty Acid Methyl Ester) juga dapat dihasilkan dari berbagai sumber lain, seperti minyak hewani, minyak nabati, dan bahkan minyak goreng bekas. Salah satu produk turunan minyak sawit yang berpotensi dimanfaatkan adalah minyak jelantah, yang dalam beberapa tahun terakhir menjadi salah satu opsi bisnis yang menjanjikan, terutama dalam sektor energi terbarukan.

Di DKI Jakarta, khususnya, telah ada peraturan daerah terkait pengelolaan minyak jelantah, yaitu Peraturan Gubernur (Pergub) Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 167 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Limbah Minyak Goreng. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi ketersediaan minyak jelantah yang dihasilkan oleh masyarakat di Kota Jakarta Timur sebagai bahan baku biodiesel, serta untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Pemilihan Jakarta Timur sebagai lokasi penelitian didasari oleh jumlah penduduk terbesar di wilayah DKI Jakarta, yang menjadi sumber minyak jelantah yang cukup signifikan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kerusakan mutu minyak jelantah dengan mengukur parameter-parameter penting seperti kadar air, asam lemak bebas (FFA), dan bilangan iodine (iodine value). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menilai sejauh mana kualitas minyak jelantah menurun setelah digunakan berulang kali, yang dapat mempengaruhi proses konversi menjadi biodiesel. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah dengan mengacu pada Syarat Mutu Biodiesel yang diatur dalam SNI 7182:2015, guna memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Tak kalah penting, penelitian ini juga akan menghitung estimasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan selama proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah, khususnya di Kota Jakarta Timur, untuk menilai dampak lingkungan dari produksi biodiesel tersebut. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan biodiesel yang tidak hanya memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pemenuhan kebutuhan biodiesel nasional dan mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca di Indonesia, sejalan dengan upaya menuju pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan mutu minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel serta mengestimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari pemanfaatan minyak jelantah di wilayah DKI Jakarta. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu penentuan lokasi dan sumber sampel, pengumpulan data, analisis kerusakan minyak jelantah berdasarkan karakteristik fisika dan kimia, pembuatan biodiesel melalui proses

transesterifikasi, analisis yield dan kualitas biodiesel hasil percobaan, serta perhitungan emisi GRK.

Sampel yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu:

- Minyak goreng baru sebagai kontrol, yang mencakup minyak bermerek dalam kemasan botol yang dibeli dari supermarket, serta minyak curah dalam kemasan plastik dan minyak bermerek pemerintah yang diperoleh dari warung.
- Minyak jelantah, yang diambil dari beberapa rumah tangga serta dari tiga jenis pedagang kaki lima, yaitu 3 pedagang pecel lele, 3 pedagang tahu sumedang, dan 3 pedagang cakue.

Analisis kerusakan fisika pada minyak dilakukan secara kualitatif melalui pengamatan warna dan pengukuran kadar air, mengacu pada standar SNI 7709:2019. Sementara itu, pengujian parameter kimia meliputi analisis asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) yang juga mengacu pada SNI 7709:2019 dan pengujian bilangan iodin sesuai dengan SNI 01-3555:1998.

Kualitas biodiesel yang dihasilkan dianalisis berdasarkan parameter berikut:

- Nilai kalor (ASTM D240-19),
- Viskositas pada 40 °C (ASTM D445-24),
- Berat jenis pada 15 °C (ASTM D4052-22),
- Kandungan sulfur (ASTM D4294-21),
- Angka setana (ASTM D613-18ae1), dan
- Kestabilan oksidasi (EN 15751-2014).

Sebelum proses transesterifikasi, minyak jelantah terlebih dahulu melalui tahap pretreatment, yaitu penyaringan menggunakan kertas saring untuk menghilangkan kotoran. Selanjutnya, pembuatan metil ester (biodiesel) dilakukan melalui proses transesterifikasi di dalam reaktor berupa labu leher tiga. Setelah reaksi selesai, biodiesel dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pisah, kemudian dilakukan proses pencucian untuk mendapatkan biodiesel murni. Proses lengkap dari tahap pretreatment hingga pencucian biodiesel ditampilkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1. Reaktor Proses Transesterifikasi



Gambar 2. Proses Pemisahan Gliserol Dengan Metil Ester



Gambar 3. Proses Pencucian Metil Ester

Prosedur pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dimulai dengan menyiapkan 600 ml minyak jelantah, yang kemudian dimasukkan ke dalam reaktor. Selanjutnya, kalium metoksida, yang merupakan campuran antara 100 ml metanol dan 1% katalis KOH, ditambahkan ke dalam bahan. Reaktor labu leher 3 ditempatkan di atas hot plate stirrer, dengan kecepatan pengadukan 600 rpm, dan suhu dijaga tetap pada 60°C selama 60, 70, dan 80 menit. Setelah proses selesai, bahan dipindahkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama 24 jam untuk memisahkan metil ester dan gliserol. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap variabel. Kondisi operasi proses pembuatan biodiesel ini merupakan modifikasi dari penelitian yang dilakukan oleh Cahyati & Pujaningtyas (2017).

Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) mengacu pada metode yang ditetapkan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dalam IPCC Guidelines 2006. Penerapan metodologi ini juga telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.73/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Secara umum, perhitungan emisi GRK dilakukan dengan mengalikan data aktivitas dengan faktor emisi, atau menggunakan persamaan sederhana sebagai berikut:

$$\sum Emisi = DA \times EF$$

Keterangan:

$\sum Em$ = jumlah emisi (CO₂eq/L).

DA = Data aktivitas selama waktu tertentu (jumlah input penghasil emisi) (CO₂eq/L)

EF = Faktor Emisi (CO₂eq/L)

Jumlah total emisi dalam satu periode tertentu merupakan penjumlahan dari semua emisi yang dapat dihasilkan selama proses produksi biodiesel berbahan baku Minyak Jelantah dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum E_{\text{emis}} = \sum \text{Pengumpulan Minyak Jelantah} + \sum \text{Transesterifikasi}$$

Keterangan:

$\sum E_{\text{emis}}$ = jumlah emisi (CO₂eq/L)

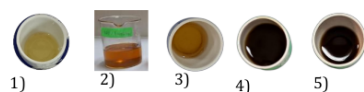
DA = Total emisi dari pengumpulan minyak jelantah (CO₂eq/L)

EF = total emisi dari kegiatan transesterifikasi (CO₂eq/L)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Karakteristik Fisika dan Kimia Minyak Jelantah

Parameter fisika minyak jelantah yang dianalisis adalah tampilan warna dan kadar air. Pada Gambar 4 berikut terlihat perbedaan warna warna minyak baru da minyak jelantah masing-masing sumber.



Gambar 4. Penampakan warna minyak dari beberapa sumber 1) minyak goreng 2) minyak jelantah rumah tangga 3) minyak jelantah pedagang cakue 4) minyak jelantah pedagang pecel lele 5) minyak jelantah pedagang tahu sumedang.

Berdasarkan Gambar 4, terlihat adanya perubahan warna pada minyak jelantah yang menunjukkan kerusakan fisik. Warna minyak goreng memengaruhi kualitasnya, sesuai dengan standar SNI 7709:2019, di mana minyak goreng sawit yang berkualitas baik memiliki warna kuning hingga jingga. Jika minyak goreng berubah warna menjadi lebih gelap, hal ini menandakan penurunan kualitas minyak tersebut. Perubahan warna ini tidak hanya mengindikasikan bahwa minyak telah digunakan berulang kali, tetapi juga bisa disebabkan oleh sisa bumbu pada pangan yang digoreng, seperti bumbu marinasi pada tahu sumedang dan lele (Aeni, 2020). Selain itu, perubahan warna juga bisa dipicu oleh penggunaan alat penggorengan yang sudah berkerak.

Minyak goreng yang mengandung kadar air tinggi menandakan penurunan kualitas. Semakin tinggi kadar air dalam minyak, semakin rendah kualitas minyak tersebut. Kadar air dalam bahan makanan yang digoreng juga dapat menyebabkan proses hidrolisis pada minyak, yang selanjutnya membentuk asam lemak bebas dan gliserol. Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang akan semakin meningkatkan tingkat kerusakan pada minyak tersebut. Kerusakan ini dapat

diukur dengan berbagai parameter, di antaranya kadar air dan kadar asam lemak bebas (FFA). Tabel 1 menunjukkan data perbandingan kadar air pada minyak dari berbagai sumber.

Tabel 1. Perbandingan Kadar Air Minyak Jelantah

Jenis sampel	Rata Kadar Air (%)	St Deviasi	Perubahan Kadar Air terhadap minyak goreng baru (kontrol)
Minyak Goreng baru	0,0374	0,0001	(kontrol)
Minyak Jelantah Rumah Tangga	0,0408	0,0013	9,1978 %
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	0,6786	0,0313	1714,4385 %
Minyak Jelantah dari Pedagang tahu sumedang	0,3244	0,0123	767,3797 %
Minyak Jelantah dari Pedagang Cakue	0,1456	0,0143	289,3048 %

Dari data tersebut, kenaikan kadar air pada minyak jelantah rumah tangga tidak sebesar minyak jelantah dari 3 pedagang kaki lima. Hal ini dikarenakan bahan pangan yang diolah di rumah tangga sangat beragam, selain suhu pengolahan yang bervariasi serta faktor lain seperti metode menggoreng, lamanya proses penggorengan, komposisi minyak yang digunakan dan lain-lain.

Kadar air bahan baku biodiesel merupakan parameter penting dan dapat mempengaruhi proses pembuatan biodiesel, terutama dari reaksi transesterifikasi. Dalam reaksi ini, air dan metanol yang terkandung dalam trigliserida atau minyak berpotensi menurunkan hasil ekstraksi berupa metil ester. Semakin kecil kadar air dalam bahan, maka kelarutan minyak dalam akan semakin tinggi, sehingga tingkat ekstraksi minyak pun akan semakin tinggi. Selain pengaruhnya terhadap efektivitas ekstraksi minyak, keberadaan air pada bahan akan menyebabkan saponifikasi ester sehingga akan mempengaruhi efisiensi proses transesterifikasi. Dengan demikian semakin kecil kadar air maka rendemen biodiesel yang dihasilkan akan semakin meningkat (Kartika et al., 2011).

Pada produksi biodiesel sendiri, pengujian kadar air diperlukan untuk menentukan ketepatan volume air bebas. Air dalam bahan bakar disinyalir dapat mengakibatkan kerusakan fasilitas dan sistem bahan bakar mesin. Air juga dapat mendorong terjadinya korosi pada tangki penyimpanan, tangki bahan bakar, dan peralatan yang ada di sekitar sistem ruang bakar mesin. Keberadaan air juga merupakan media yang sangat

baik bagi pertumbuhan mikroba dalam sistem penyimpanan.

Menurut (Leung et al., 2010) di dalam Palanisamy dkk. (2013), tingkat FFA dan kadar air yang menguntungkan untuk transesterifikasi dengan katalis basa masing-masing di bawah 1% berat dan 0,05% berat. Minyak jelantah dengan nilai FFA lebih dari 2% berat dan kadar air di atas 0,05% berat menyebabkan pembentukan sabun atau proses reaksi saponifikasi yang mengakibatkan konsumsi katalis yang selanjutnya akan menyebabkan masalah emulsi selama pasca pemrosesan melalui pencucian air yang diperlukan untuk menghilangkan kelebihan katalis, alkohol, mono, diglislerol dan gliserol bebas dan juga mengurangi hasil dan kemurnian biodiesel secara signifikan (Gui et al., 2008) di dalam Palanisamy dkk. (2013). Menurut (Solikhah et al., 2020) kandungan asam lemak minyak nabati akan menentukan pemilihan reaksi yang digunakan, esterifikasi atau transesterifikasi. Kadar FFA yang tinggi dapat mempengaruhi efisiensi reaksi transesterifikasi dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengontrol kadar FFA dalam minyak yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel. **Tabel 2** menyajikan data perbandingan FFA minyak jelantah.

Jenis sampel	FFA (%)	St Deviasi	Bilangan Asam mg KOH/gram	St Deviasi
Minyak Goreng baru	0,1867*	0,0062	0,0004	1,3607E-05
Minyak Jelantah Rumah Tangga	2,6323	0,0266	0,0058	5,82302E-05
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	2,5430	0,1229	0,0056	0,00027
Minyak Jelantah dari Pedagang Tahu Sumedang	2,2342	0,1079	0,0049	0,00024
Minyak Jelantah dari Pedagang Cakue	0,7968	0,0388	0,0017	8,49858E-05

Tabel 2. Perbandingan Kadar FFA dan Angka Asam Minyak Jelantah

Semua sampel minyak jelantah telah mengalami penurunan kualitas dengan ditandai nilai FFA meningkat. Syarat mutu minyak goreng sawit pada SNI 7709:2019 FFA maks 0,3% dan hanya dipenuhi oleh minyak goreng baru, yaitu 0,1867%. Dari data terlihat adanya penambahan nilai kadar FFA yang signifikan

untuk minyak jelantah dari minyak baru tersebut. Persen kenaikan nilai FFA minyak jelantah bersumber dari rumah tangga adalah 1309,90 %, dari pedagang pecel lele 1262,08 %, pedagang tahu sumedang 1096,68 % dan pedagang cakue 326,78%. Kenaikan tertinggi ada pada minyak jelantah dari rumah tangga. Hal ini disebabkan karena varian makanan rumah tangga lebih beragam dari 3 pedagang kaki lima.

Pemanasan minyak goreng pada suhu tinggi dan dalam waktu kurun lama dapat menyebabkan perubahan pada fisik maupun komponen kimiawinya. Pemanasan ini dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan asam lemak bebas dalam minyak goreng ((Alzaa et al., 2018) (Omer et al., 2015) (Sutanto et al., 2016). FFA ini dapat terbentuk akibat proses hidrolisis, oksidasi, atau reaksi kimia lainnya yang dapat mempengaruhi struktur dan komposisi minyak. Menurut Muchtadi (2009) minyak goreng mengalami kerusakan akibat proses hidrolis karena terdapat sejumlah air dalam minyak tersebut dan menyebabkan terbentuknya asam lemak bebas dan beberapa gliserol.

Terindikasi adanya penurunan kualitas minyak jelantah dari kenaikan nilai FFA dan angka asam, namun semua sampel minyak jelantah masih aman apabila akan dijadikan bahan baku biodiesel masih di bawah yang ditetapkan oleh SNI Biodiesel 7182:2015. (Solikhah et al., 2020) dan (Wirawan et al., 2023) juga menyatakan kandungan asam lemak minyak nabati akan menentukan pemilihan reaksi yang digunakan, esterifikasi atau transesterifikasi. Apabila hasil pengujian asam lemak bebas (FFA) minyak nabati menunjukkan kandungan yang tinggi (> 5%), maka perlu dilakukan reaksi esterifikasi dan dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi. Namun, apabila kandungan asam lemak bebas dalam minyak nabati rendah (< 5%), maka cukup dipilih reaksi transesterifikasi. Dari sampel di atas semua sampel mempunyai nilai FFA di bawah 5% dan angka asam di bawah 0,5 mg KOH, sehingga selanjutnya diproses langsung dengan reaksi transesterifikasi tanpa melalui esterifikasi.

Parameter FFA ini juga merupakan indikator kualitas bahan baku dalam produksi biodiesel FFA merupakan asam lemak yang tidak terikat dengan gliserol dalam bentuk trigliserida, melainkan berada dalam bentuk bebas. FFA adalah kandungan asam lemak yang tidak teresterifikasi dalam minyak atau lemak, dan dapat mempengaruhi efisiensi proses produksi biodiesel. FFA dalam konteks biodiesel adalah indikator kualitas biodiesel yang menunjukkan tingkat kerusakan biodiesel akibat oksidasi asam lemak. Semakin tinggi kadar FFA, semakin rendah kualitas biodiesel dan secara umum, kadar FFA yang rendah lebih diinginkan untuk biodiesel. Kadar FFA yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas biodiesel antara lain masalah korosi di mana FFA dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin serta Stabilitas di mana FFA dapat mempengaruhi stabilitas biodiesel. Pada reaksi transesterifikasi: FFA yang tinggi dapat menghambat reaksi transesterifikasi, yang

merupakan proses kimia untuk mengubah minyak menjadi biodiesel. Hal ini dapat menyebabkan rendahnya yield biodiesel dan kualitas yang tidak sesuai standar.

Beberapa nilai yang diatur terkait parameter ini adalah Dirjen EBTKE No 189/2019 menyatakan angka asam maksimum 0,4 mg-KOH/g, ASTM D6751: Standar Amerika untuk biodiesel B100 (biodiesel murni) menyatakan angka asam, mg KOH/g, maks 0,5 (<https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel-specifications> diakses pada tanggal 9 Mei 2025); tandard Biodiesel EN14214 (Europe, 2006) menentukan total angka asam mg KOH/g adalah maks. 0.5 serta dalam SNI Biodiesel 7182:2015 yaitu maksimum 0.5 mg KOH/g.

Menurut Silalahi et al. (2017), pengujian Bilangan Iodin (IV) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar derajat ketidakjenuhan minyak goreng. Nilai IV menunjukkan banyaknya ikatan rangkap dalam asam lemak penyusun minyak. Semakin tinggi nilai IV, semakin tidak jenuh minyak tersebut, yang biasanya membuat minyak tersebut lebih jernih dan tidak mudah membeku. Sebaliknya, semakin rendah nilai IV, minyak akan tampak keruh, terutama pada suhu rendah. Asam lemak tidak jenuh mampu mengikat iodium, membentuk senyawa iodium yang menunjukkan jumlah ikatan rangkap dalam asam lemak tersebut.

Singh & Hashm (2021) mendefinisikan bilangan iodium sebagai massa iodium (dalam gram) yang dapat diikat oleh 100gram minyak atau lemak. Tabel 3 menyajikan data bilangan iodium yang diperoleh dari sampel minyak jelantah.

Tabel 3. Perbandingan Bilangan Iodin Minyak jelantah

Jenis sampel	Bilangan Iodin, g I ₂ /100g minyak	St Deviasi	CV
Minyak Goreng	51,7236	1,3727	0.0265
Minyak Jelantah Rumah Tangga	66,56	0,8793	1,3211
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	25,1740	1,2272	4,750
Minyak Jelantah dari Pedagang Tahu Sumedang	32,0549	1,5850	4,9445
Minyak Jelantah dari Pedagang Cakue	47,3999	2,2749	4,7994

Data menunjukkan bahwa minyak jelantah dari tiga pedagang kaki lima mengalami penurunan kualitas, dengan penurunan bilangan iodium sebesar 51,33% pada minyak dari pedagang pecel lele, 38,03% pada pedagang tahu sumedang, dan 8,36% pada pedagang cakue. Minyak jelantah dari rumah tangga memiliki nilai bilangan iodium yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan minyak dari ketiga pedagang

tersebut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan campuran minyak dari berbagai sumber dan merek di rumah tangga, yang berbeda dari minyak yang digunakan oleh pedagang kaki lima.

Bilangan iodin suatu minyak sangat bergantung pada jenis dan sumber minyak tersebut. Menurut Singh dan Hashm (2021), minyak yang termasuk kategori drying oil memiliki bilangan iodin berkisar antara 90–130 g I₂/100 g minyak. Sementara itu, Sarofa et al. (2020) melaporkan nilai bilangan iodin sebesar 60,80 g I₂/100 g minyak, dan menurut Asmoro dan Hartatik (2023), minyak sawit memiliki bilangan iodin sebesar 55,183 g I₂/100 g.

Berdasarkan nilai bilangan iodin, trigliserida dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: drying oil, semi-drying oil, dan non-drying oil. Minyak dikategorikan sebagai drying oil jika memiliki nilai iodin lebih dari 130, semi-drying oil jika berada pada kisaran 90–130, dan non-drying oil jika nilai iodinnya kurang dari 90. Kemampuan pengeringan minyak ini berhubungan langsung dengan tingkat ketidakjenuhan senyawa penyusunnya. Minyak yang mengandung ikatan rangkap (tak jenuh) akan bereaksi dengan oksigen di udara dan membentuk struktur jaringan yang bersifat mengering.

Bilangan iodin akan menurun seiring dengan pemakaian minyak dalam proses memasak. Hal ini disebabkan oleh konversi ikatan rangkap menjadi ikatan jenuh akibat pemanasan dan oksidasi selama proses penggorengan.

Menurut Wirawan (2023), angka iodin merupakan ukuran kandungan senyawa tak jenuh dalam minyak atau lemak, termasuk senyawa mono-, di-, dan trigliserida, serta senyawa poli-tak jenuh (polyunsaturated). Semakin tinggi kandungan senyawa tak jenuh, maka semakin tinggi pula bilangan iodinnya. Namun, tingginya bilangan iodin juga dapat menimbulkan beberapa permasalahan teknis, seperti kecenderungan terjadinya polimerisasi dan pembentukan deposit pada komponen mesin diesel, seperti nozzle injektor, cincin piston, dan ulirnya, terutama dalam kondisi suhu tinggi. Selain itu, bilangan iodin yang tinggi juga berkaitan dengan penurunan stabilitas oksidasi biodiesel, yang dapat menyebabkan terbentuknya produk-produk degradasi yang berdampak negatif pada kinerja mesin dan kualitas pelumasan bahan bakar.

Hasil pengukuran dalam penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh sampel minyak jelantah memiliki bilangan iodin yang masih berada dalam batas aman, yaitu di bawah batas maksimum 115 g I₂/100 g sebagaimana ditetapkan dalam SNI 7182:2015. Dengan demikian, minyak jelantah sebagai bahan baku ini diharapkan dapat memenuhi standar mutu biodiesel sesuai ketentuan tersebut.

3.2. Proses Pembuatan Biodiesel

Secara teknis, nilai kadar air, asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA), bilangan asam, dan bilangan iodin pada minyak jelantah yang diperoleh dari rumah tangga maupun dari tiga jenis pedagang dalam

penelitian ini masih berada di bawah ambang batas maksimum yang tercantum dalam berbagai literatur. Karena nilai FFA seluruh sampel masih di bawah 5%, maka proses pembuatan biodiesel dapat langsung dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, tanpa memerlukan tahap esterifikasi pendahuluan. Dalam reaksi ini, trigliserida diubah menjadi ester (metil ester) dan gliserol dengan bantuan alkohol dan katalis.

Biodiesel adalah monoalkil ester dari asam lemak rantai panjang yang diperoleh melalui proses esterifikasi dan/atau transesterifikasi menggunakan alkohol dengan bantuan katalis asam atau basa. Biodiesel dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis minyak bumi. Selain itu, bahan baku pembuatan biodiesel dapat diperoleh dari limbah, seperti minyak goreng bekas (Sartika, 2015), sehingga mendukung prinsip pengelolaan limbah berkelanjutan.

Sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel, biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani dan dapat digunakan secara murni atau dicampur dengan solar (petroleum diesel). Biodiesel mudah digunakan, bersifat biodegradable, tidak beracun, serta bebas sulfur dan senyawa aromatik. Selain itu, biodiesel memiliki flash point (titik nyala) yang lebih tinggi dibandingkan dengan petroleum diesel, menjadikannya lebih aman untuk disimpan dan digunakan (Darmawan, 2013). Salah satu hasil dari proses transesterifikasi trigliserida adalah etil ester atau metil ester, yang merupakan bentuk utama dari biodiesel.

Dalam penelitian ini, proses percobaan dilakukan untuk menghasilkan biodiesel dengan rendemen (yield) seperti yang ditampilkan pada Tabel 4. Pemilihan bahan baku, rasio reaktan, dan kondisi operasional dilakukan secara hati-hati untuk mengoptimalkan efisiensi dan hasil rendemen biodiesel. Setiap percobaan dilakukan sebanyak dua kali (duplo) untuk memastikan keakuratan data, dan pengukuran metil ester dilakukan setelah tahap pencucian biodiesel selesai.

Tabel 4. Hasil *yield* dari pembuatan biodiesel dengan variasi waktu pengadukan reaksi.

No	Waktu (Menit)	Rendemen (%)	Rata-Rata <i>yield</i> (%)
1	60	88,33	87,83
		87,33	
2	70	90	90,42
		90,83	
3	80	83,33	82,92

Hasil pengujian kualitas biodiesel yang diperoleh dari penelitian ini mencakup beberapa parameter penting, yaitu nilai kalor, viskositas pada suhu

40 °C, berat jenis pada suhu 15 °C, kandungan sulfur, angka setana, dan kestabilan oksidasi. Data hasil pengukuran masing-masing parameter tersebut disajikan dalam Tabel 5.

Berat jenis (densitas) menggambarkan rasio antara massa dan volume suatu zat. Parameter ini berkaitan erat dengan viskositas. Jika biodiesel memiliki densitas yang melebihi ambang batas yang ditetapkan, maka proses pembakaran dalam mesin diesel dapat menjadi tidak sempurna, yang berdampak pada peningkatan emisi gas buang, keausan mesin, serta potensi kerusakan komponen mesin. Oleh karena itu, biodiesel dengan densitas yang tidak sesuai standar sebaiknya tidak digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Menurut Efendi et al. (2005), penurunan densitas biodiesel berkorelasi dengan tingkat penggunaan ulang minyak jelantah sebelum diolah melalui proses transesterifikasi. Semakin sering minyak digunakan sebelum diolah, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan kualitas densitas pada biodiesel yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kualitas Biodiesel Minyak Jelantah Rumah Tangga

Penetapan	Hasil	Satuan	Metoda	SNI 7182: 2015	Ket.
Nilai Kalor	39,007	MJ/kg	ASTM D 240-19	-	
Viskositas pada 40 °C	6,089	cSt	ASTM D 445-24	2,3 – 6,0	Memenuhi pada batas atas
Berat Jenis pada 15°C	882,7	kg/m ³	ASTM D4052-22	850-890	Memenuhi
Sulfur	44,105	ppm (mg/kg)	ASTM D4294-21	Maks. 50	Memenuhi
Angka Setana	564	-	ASTM D 613-18ae1	Min. 51	Memenuhi
Kestabilan Oksidasi	543,05	Menit	EN 1575-2014	480	Memenuhi

Viskositas kinematika adalah ukuran resistansi internal suatu cairan terhadap aliran, atau dengan kata lain, ukuran tahanan geser cairan tersebut. Parameter ini sangat penting dalam karakterisasi bahan bakar diesel karena memengaruhi kinerja sistem injektor pada mesin (Riyanti, 2012). Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan pelumasan yang buruk, sehingga meningkatkan risiko kebocoran pada pompa bahan bakar. Sebaliknya, viskositas yang terlalu tinggi akan memperlambat aliran bahan bakar, menghambat proses atomisasi, dan menghasilkan emisi asap hitam (Triana, 2006).

Kandungan gliserol dalam biodiesel berkorelasi langsung dengan nilai viskositasnya. Semakin tinggi kadar gliserol total (baik gliserol bebas maupun monogliserida), maka viskositas biodiesel juga akan semakin tinggi. Penentuan kadar gliserol tersebut dapat dilakukan melalui metode uji standar ASTM D6584 atau SNI 7182:2015 (Wirawan et al., 2023).

Menurut Rahardja et al. (2019), karakteristik densitas berhubungan erat dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Nilai kalor menunjukkan jumlah energi panas yang dilepas oleh bahan bakar pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm. Umumnya, terdapat hubungan terbalik antara densitas dan nilai kalor—semakin tinggi densitas, semakin rendah nilai kalor suatu bahan (Hartono et al., 2016).

Nilai kalor yang rendah akan mengurangi energi densitas bahan bakar, yang berarti dibutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan tenaga yang sama. Sebagai perbandingan, nilai kalor minyak solar tanpa campuran (B0) adalah sekitar 43 MJ/kg, sedangkan biodiesel murni (B100) memiliki nilai kalor sebesar 37–38 MJ/kg, atau sekitar 12% lebih rendah (Channappagoudra et al., 2019; Tempo.co, 2025). Perbedaan ini disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi dalam biodiesel dibandingkan solar, yang memengaruhi efisiensi pembakaran.

Semua bahan bakar diesel diklasifikasikan berdasarkan bilangan setananya, yang menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala secara cepat melalui kompresi. Semakin tinggi angka setana, semakin mudah bahan bakar terbakar dan menghasilkan tenaga secara efisien. Mesin diesel membutuhkan bahan bakar dengan angka setana tinggi agar pembakaran terjadi lebih cepat dan efisien (Pertamina, 2025). Dalam penelitian ini, angka setana dari sampel biodiesel telah memenuhi standar SNI 7182:2015, yang menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut layak digunakan dalam mesin diesel.

Nilai kestabilan oksidasi pada sampel biodiesel juga telah memenuhi standar SNI 7182:2015. Menurut Wirawan et al. (2023), biodiesel secara kimia lebih rentan terhadap degradasi oksidatif dibandingkan minyak solar karena kandungan ester poli-tak jenuhnya yang tinggi. Senyawa ini memiliki banyak ikatan rangkap yang mudah teroksidasi oleh oksigen atmosfer. Proses oksidasi ini dapat terjadi selama penyimpanan, transportasi, atau bahkan saat berada di tangki bahan bakar kendaraan.

Rendahnya stabilitas oksidasi dapat menyebabkan masalah pada sistem bahan bakar, terutama pada bagian yang terbuat dari elastomer. Produk oksidasi seperti hidroperoksida dapat mengalami polimerisasi menjadi sedimen dan gum, yang berpotensi menyumbat filter bahan bakar dan meninggalkan deposit di ruang bakar. Senyawa lain hasil oksidasi, seperti aldehida, keton, dan asam karboksilat rantai pendek, juga dapat menyebabkan korosi dan meningkatkan angka keasaman serta bilangan peroksida bahan bakar.

Berdasarkan hasil analisis, ketersediaan minyak jelantah dari rumah tangga jauh lebih besar dibandingkan dari pedagang kaki lima. Selain itu, kualitas minyak jelantah rumah tangga sebagai bahan baku biodiesel terbukti memenuhi standar SNI 7182:2015. Oleh karena itu, minyak jelantah dari rumah tangga sangat layak digunakan dalam produksi biodiesel. Penelitian ini juga mendukung implementasi program mandatori B40 yang telah diumumkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia.

3.3 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Transportasi dan Proses Produksi Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah di DKI Jakarta

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia masih belum optimal, terutama jika dibandingkan dengan negara-negara lain. Berdasarkan studi terbaru dari ICCT, Indonesia memiliki potensi untuk mengumpulkan hingga 715 kiloton minyak jelantah setiap tahunnya (Kristiana et al., 2023). Dari jumlah tersebut, potensi produksi biodiesel mencapai 651 kiloton per tahun. Namun, pada kenyataannya, Indonesia saat ini hanya memproduksi sekitar 0,7 kiloton biodiesel berbasis minyak jelantah setiap tahunnya (Kristiana et al., 2022). Hal ini terjadi karena minyak jelantah belum secara resmi dimasukkan ke dalam program mandatori biodiesel nasional. Akibatnya, sebagian besar minyak jelantah yang berhasil dikumpulkan justru diekspor ke Eropa dan negara-negara Asia lainnya (Kristiana et al., 2023).

Minyak jelantah yang dihasilkan di wilayah DKI Jakarta memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang tinggi apabila dikelola secara tepat. Pemanfaatannya dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung transisi menuju energi hijau serta mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Salah satu inisiatif nyata adalah pengadaan kotak penampung minyak jelantah oleh Pertamina Patra Niaga yang telah diterapkan di sembilan lokasi strategis dan ditargetkan berkembang hingga mencapai 300 lokasi. Masyarakat mulai aktif menyetorkan minyak jelantah ke kotak-kotak tersebut, yang rata-rata mampu mengumpulkan lebih dari satu ton minyak per bulan per lokasi. Daur ulang minyak jelantah ini menjadi penting untuk dihitung kontribusinya dalam menurunkan emisi CO₂.

Perhitungan emisi GRK dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan perhitungan simulasi yang dikembangkan oleh Widyarini (2022). Metodologi ini mencakup emisi yang timbul dari kegiatan pengumpulan minyak jelantah, terutama pada tahap transportasi dari sumber penghasil (rumah tangga dan pedagang kaki lima) menuju fasilitas pengolahan biodiesel. Dalam simulasi ini, asumsi jarak tempuh pengumpulan menggunakan rata-rata jarak terdekat dan terjauh yang mungkin ditempuh apabila PT Pertamina berperan sebagai off-taker dan SPBU Pertamina diasumsikan sebagai fasilitas pengolahan biodiesel.

Asumsi tersebut digunakan karena data spesifik mengenai jarak aktual pengumpulan minyak

Jantrah di wilayah DKI Jakarta masih belum tersedia. SPBU Pertamina dianggap sebagai titik pengumpulan akhir yang tersebar merata di seluruh wilayah kota administrasi, sehingga memudahkan distribusi dan pengumpulan minyak jelantah. Dalam penelitian ini, sumber minyak jelantah difokuskan dari wilayah Kota Jakarta Timur, dengan pertimbangan bahwa wilayah ini memiliki jumlah penduduk terbanyak. Hal ini relevan karena volume minyak jelantah yang dihasilkan berkorelasi langsung dengan jumlah penduduk, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

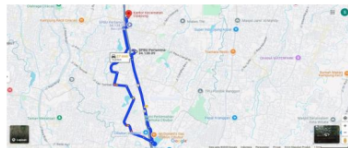
Tabel 6. Populasi Penduduk DKI Jakarta

Kabupaten/kota	Penduduk		
	2020	2023	2024
Kepulauan Seribu	27.749	28.523	28.809
Jakarta Selatan	2.226.812	2.235.606	2.230.653
Jakarta Timur	3.037.139	3.097.618	3.086.010
Jakarta Pusat	1.056.896	1.049.314	1.044.297
Jakarta Barat	2.434.511	2.470.054	2.479.571
Jakarta Utara	1.778.981	1.808.985	1.815.606
Jumlah Penduduk			10.684.946

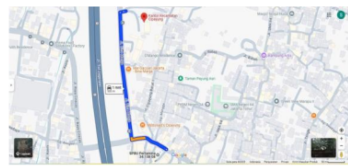
Sumber: Provinsi DKI Jakarta dalam angka 2024

SPBU Pertamina diproyeksikan sebagai titik pengumpulan akhir minyak jelantah karena tersebar di Kota Jakarta Timur. Dengan demikian, akan memudahkan dalam proses pengumpulannya. Lalu, didapatkan jarak rata-rata jarak terdekat dari simpul pengepul ke SPBU Pertamina di 10 kecamatan Kota Jakarta Timur.

Seagai contoh, jarak dihitung dengan menggunakan aplikasi Google Map seperti disajikan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Jarak Terjauh Kantor Kecamatan Cipayang ke SPBU Pertamina (Sumber: Google Maps)



Gambar 6. Jarak Terdekat Kantor Kecamatan Cipayang ke SPBU Pertamina

Setiap kendaraan yang digunakan dalam proses pengumpulan minyak jelantah merupakan mobil jenis

pick-up yang menggunakan bahan bakar diesel. Kebutuhan energi per kilometer kendaraan ini mengacu pada hasil penelitian Badan Litbang Perhubungan (2012), yang menyatakan bahwa mobil pick-up membutuhkan bahan bakar sebesar 0,1064 liter per kilometer. Kapasitas angkut standar mobil pick-up adalah sekitar 1 ton minyak jelantah.

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari aktivitas transportasi dihitung dengan mengalikan total konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk pengangkutan minyak jelantah dengan faktor emisi bahan bakar diesel untuk transportasi. Dalam penelitian ini, digunakan faktor emisi sebesar 3,14 kg CO₂ ekuivalen per liter bahan bakar diesel, sebagaimana tercantum dalam Biograce (2011) yang dikutip oleh Widyarini (2022). Hasil perhitungan emisi transportasi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Emisi dari Kegiatan Transportasi Pengangkutan Minyak Jelantah

	Jarak Transportasi	Jumlah jumlah emisi (kg CO ₂ eq/1000L)	Jumlah jumlah emisi (kg CO ₂ eq/L)
Pengangkutan Minyak jelantah	Rata rata jarak terdekat	1090 km	0,364164
	Rata-rata jarak terjauh	5160 km	72393

Dalam kajian ini, jumlah emisi dari jarak transportasi rata-rata terjauh akan digunakan untuk menghitung total emisi GRK yang dihasilkan dari produksi biodiesel berbahan baku minyak jelantah. Pendekatan ini diambil untuk memperkirakan jumlah emisi terbesar atau skenario terburuk yang mungkin terjadi jika minyak jelantah digunakan sebagai bahan baku biodiesel.

Pada perhitungan tahap transesterifikasi biodiesel, digunakan methanol sebagai jenis alkohol dan kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis basa, seperti yang disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Material Untuk Produksi 1 liter Biodiesel

Aktivitas	Material	Jumlah	Unit	Nilai GRK (KgCO ₂ eq/1000 L Biodiesel)	Nilai GRK (KgCO ₂ eq/L Biodiesel)
Refinery	Methanol	102	Liter	127,5	0,12
	KOH	48	Liter	0	0
	Electricity	0,036826	kWh	30	0,003
	Steam	0,18	Kg	0,00	0,00
	Total refinery			157,5	0,157
Blinding	Truck	60	Km		
	Diesel	0,021	Liter	600	0,06

Sumber: (Widyarini, 2022)

Rendemen terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sekitar 90,42%, yang akan

digunakan untuk prediksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Rumah tangga dengan pendapatan menengah menghasilkan minyak jelantah sebanyak 0,02 liter per orang per hari (DLH DKI Jakarta, 2020). Berdasarkan penelitian Widyarini (2022), setiap produksi satu liter biodiesel berbahan baku minyak jelantah pada tahap transesterifikasi menghasilkan emisi sebesar 0,157 kg CO₂ ekuivalen per liter biodiesel.

Kota Jakarta Timur adalah kota dengan populasi tertinggi yaitu mencapai 10.684.946 jiwa. Hasil perhitungan menunjukkan jumlah minyak jelantah adalah sekitar 61.720 liter per hari, dengan potensi biodiesel yang dapat dihasilkan sebanyak 55.807 liter per hari. Total emisi dari proses transesterifikasi dihitung dengan mengalikan jumlah biodiesel (liter per hari) dengan faktor emisi 0,157 kg CO₂ ekuivalen per liter biodiesel, yang menghasilkan 8.761,69 kg CO₂ ekuivalen per hari.

Perhitungan emisi total dilakukan dengan menjumlahkan emisi dari tahap pengumpulan minyak jelantah (dengan jarak rata-rata terjauh, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 7) dan emisi dari proses transesterifikasi, yang menghasilkan 0,158723 kg CO₂ ekuivalen per liter biodiesel. Dengan demikian, total emisi GRK di Kota Jakarta Timur diperkirakan mencapai 8.857,85 kg CO₂ ekuivalen per hari. Metode yang sama diterapkan untuk menghitung emisi di empat kota wilayah Jakarta, dan hasil perhitungannya disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Emisi GRK Transportasi dan Transesterifikasi Biodiesel dari Minyak jelantah Kota Jakarta

Kota	Jumlah minyak jelantah	Jumlah biodiesel L/hari	Jarak Rata2 Terjauh (km)	Emisi GRK Kota kg CO ₂ eq/L/hari
Jakarta Timur	61.720,20	55.807,40	5,16	8.857,97
Jakarta Barat	49.591,42	44.849,18	3,71	7.096,94
Jakarta Pusat	20.885,94	18.885,07	3,75	2.988,62
Jakarta Utara	36.312,12	32.833,42	5,56	5.215,84
Jakarta Selatan	44.613,00	40.339,07	9,91	6.466,79
Total DKI Jakarta	213.123	192.714		30.626

4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan adanya kerusakan pada mutu minyak, yang meliputi parameter kadar air, asam lemak bebas (free fatty acid, FFA), dan bilangan iodine (iodine value). Kenaikan kadar air minyak jelantah berkisar antara 9,1978% hingga 1714,4385%, dengan nilai terkecil berasal dari rumah tangga dan yang terbesar dari pedagang pecel lele. Semua sampel minyak jelantah mengalami penurunan kualitas, yang ditandai dengan meningkatnya nilai FFA di atas batas maksimal yang ditentukan dalam SNI 7709:2019, yaitu

52

FFA maksimal 0,3%. Persentase kenaikan nilai FFA minyak jelantah yang berasal dari rumah tangga adalah 1309,90%, dari pedagang pecel lele 1262,08%, pedagang tahu sumedang 1096,68%, dan pedagang cakue 326,78%. Bilangan iodine tertinggi terdapat pada minyak jelantah rumah tangga, yang mungkin disebabkan oleh penggunaan minyak yang tidak hanya berasal dari kelapa sawit, tetapi juga campuran berbagai sumber dan merek. Sementara itu, minyak jelantah dari pedagang pecel lele mengalami penurunan sebesar 51,33%, minyak dari pedagang tahu sumedang menurun sebesar 38,026%, dan minyak dari pedagang cakue menurun sebesar 8,36%. Bilangan iodine minyak jelantah rumah tangga relatif lebih tinggi dibandingkan dengan minyak jelantah dari tiga pedagang kaki lima tersebut.

Proses transesterifikasi yang optimal dilakukan dengan rasio minyak jelantah terhadap methanol 6:1, katalis KOH 1%, dan kecepatan pengadukan 600 rpm pada suhu 70°C, menghasilkan rata-rata yield biodiesel sebesar 90,42%. Kualitas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 7182:2015, dengan parameter sebagai berikut: nilai kalor 39,007 MJ/kg; viskositas pada 40°C sebesar 6,089 mm²/s; berat jenis pada 15°C sebesar 882,7 kg/m³; kandungan sulfur 44,105 ppm (mg/kg); angka setana sebesar 56,4; dan kestabilan oksidasi sebesar 543,05 menit.

Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dilakukan dengan menjumlahkan emisi dari tahap pengumpulan minyak jelantah (dengan jarak rata-rata terjauh) dan emisi dari proses transesterifikasi, yang menghasilkan total emisi sebesar 0,158723 kg CO₂ eq/L. Dengan demikian, total emisi GRK untuk wilayah Kota Jakarta Timur diperkirakan mencapai 8.857,85 kg CO₂ eq/L/hari. Berdasarkan hasil ini, rekomendasi strategis disusun untuk mendukung integrasi program biodiesel rumah tangga dalam agenda pembangunan berkelanjutan di DKI Jakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Bakrie atas dukungannya dalam memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan juga disampaikan kepada Laboratorium SBRC (Surfactant and Bioenergy Research Center) Institut Pertanian Bogor serta Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) di Kompleks Perkantoran Lemigas atas bantuan dan dukungan yang diberikan, khususnya dalam kegiatan analisis laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/wujudkan-ketahanan-energi-dan-kurangi-impor-menteri-esdm-mandatori-b40-berlaku-1-januari-2025#:~:text=SUMBER%20DAYA%20MINERAL,Wujudkan%20Ketahanan%20Energi%20dan%20>

- [0Kurangi%20Impor%2C%20Menteri%20ESDM:%20Mandatori,B40%20Berlaku%201%20Januari%202025&text=Pemerintah%20menetapkan%20penerapan%20bahan%20bakar,B40%20mulai%201%20Januari%202025](#) di akses pada tanggal 30 April 2025
- Aeni, Q. (2020). *Analisis Timbulan Minyak Jelantah dari Rumah Makan di Kawasan Kuliner Alun-alun Kecamatan Kendal*.
- Alzaa, D. F., Guillaume, C., & Ravetti, L. (2018). Evaluation of Chemical and Physical Changes in Different Commercial Oils during Heating. *Acta Scientific Nutritional Health*, 2(6), 2–11.
- Amaliah, L. (2018). *Analisis Hubungan Faktor Sanitasi Sumur Gali Terhadap Indeks Fecal Coliform di Desa Sentul Kecamatan Kragilan Kabupaten Serang*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Bismo, S., Linda, & Sofia, B. (2005). Sintesis biodiesel dengan teknik ozonasi: investigasi produk ozonida etil ester minyak kelapa dan minyak kedelai. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*.
- Cahyati, E., & Pujaningtyas, L. (2017). *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis KOH*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Channappagoudra, M., Ramesh, K., & Manavendra, G. (2019). Comparative study of standard engine and modified engine with different piston bowl geometries operated with B20 fuel blend. *Renew. Energy*, 133, 216–232.
- Darmawan, F. (2013). Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *JTM*, 02(01), 80–87.
- Febijanto, I., Ulfah, F., Kusrestwardhani, S., & Trihadi, S. E. Y. (2022). A Review on used cooking oil as a sustainable biodiesel feedstock in Indonesia. *IOP Publishing*, 1–9.
- Gui, M., Lee, K., & Bhatia, S. (2008). Feasibility of edible oil vs. Non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *International Conference on Energy and Environment*.
- Hartono, R., Rusdi, Wijanarko, A., & Hermansyah, H. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Dedak Padi Dengan Proses Katalis Homogen Secara Asam Dan Katalis Heterogen Secara Basa. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*.
- Kartika, I. A., Yani, M., & Hermawan, D. (2011). *Transesterifikasi In Situ Biji Jarak Pagar: Pengaruh Jenis Pereaksi, Kecepatan Pengadukan Dan Suhu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Kualitas Biodiesel In Situ*.
- Kristiana, T., O'Connell, A., & Baldino, C. (2023). *International Council On Clean Transportation*.
- Leung, D., Wu, X., & Leung, M. K. (2010). A Review on Biodiesel Production using catalyzed Transesterification. *Appl Energy*, 87(4).
- Listiawati, A. P. (2007). *Pengaruh kecepatan sentrifugasi terhadap karakteristik biodiesel jarak pagar (Jatropha curcas L.)*. Institut Pertanian Bogor.
- Muchtadi, D. (2009). *Pengantar Ilmu Gizi*. CV. Alfabeta.
- Omer, N. M. A., Ali, E. A., Mariod, A. A., & Mokhtar, M. (2015). Chemical reactions taken place during deepfat frying and their products: a review. *SUST Journal of Natural and Medical Sciences*, 16(1), 1–16.
- Prayanto, D. S., & Salahudin, M. (2016). *Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dengan katalis NaOH menggunakan gelombang mikro (microwave) secara kontinyu*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rachmawati, D. O., & Rachmawati, D. O. (2021). Physical Parameters of Used Cooking Oil Clearance Quality Based on Active Charcoal Temperature. *Atlantis Press*, 613, 40–46.
- Rahardja, I., Sukarman, & Ramadhan, A. (2019). Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil (CPO) dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ja*.
- Riyanti, F. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa* Linn). *Jurnal Penelitian Sains*, 15(2).
- Sarofa, U., Winarti, S., & Rahayuningsih, N. (2020). Effect of Temulawak (*curcuma zanthorrhiza*) Extracts Addition as Natural Antioxidant Against The Destruction of Palm Oil in Frying Process. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sartika, A. (2015). Esterifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Katalis H₂SO₄ Dan Transesterifikasi Dengan Katalis CaO Dari Cangkang Kerang Darah: Variasi Kondisi Esterifikasi. *JOM FMIPA*, 2(1).
- Silalahi, R. L., Sari, D., & Dewi, I. A. (2017). Pengujian Free Fatty Acid (FFA) dan Colour untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41–50.
- Singh, T., & Hashm, A. (2021). *Natural Oil-Based Polymer: A Sustainable Approach Toward Green Chemistry*. Apple Academic Press.
- Solikhah, M. D., Barus, B., Karuana, F., Wimada, A., & Amri, K. (2020). *Pedoman Penanganan Dan Penyimpanan Biodiesel Dan Campuran Biodiesel (B30)*. Direktorat Bioenergi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan Dan Konversi Energi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Sutanto, S., Rahman, R., & Abriana, A. (2016). Pengaruh Pengulangan Penggorengan terhadap Kandungan Asam Lemak Bebas dan Viskositas Minyak Hasil Penggorengan. *Ecosystem*, 16, 498–514.
- Szybist, J. P., Taylor J. D, Taylor J. D, & Mc Cormick, R. L. (2005). Evaluation of formulation strategies to eliminate the biodiesel nox effect. *Fuel Processing Technology*, 86.
- Triana, K. (2006). Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi

- Berbasis Katalis Basa. *Bioteknologi*, 3(1), 20–26.
- U.S. Department of Energy. (2016). *Biodiesel Handling and Use Guide (Fifth Edition)* (DOE/GO-102016-4875 ed.). Clean Cities Coalition Network.
- Widyarini, P. (2022). Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode Life Cycle Analysis . *Yayasan Transformasi Energi Asia*.
- Wirawan, S. ., Solikhah, M. ., Amri, K., Pratiwi, F., Romelan, W., Heryana, Y., Nitamiwati, N. ., Pamungkas, A., & Matheofani. (2023). *Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nabati dan Campurannya dengan Kandungan Maksimum 40% untuk Mesin Diesel*. Direktorat Bioenergi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan Dan Konversi Energi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.

DRAFT PAPER_Undip Jurnal_Template JIL v5

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

tractionenergy.asia

Internet Source

5%

2

drive.esdm.go.id

Internet Source

2%

3

repository.its.ac.id

Internet Source

2%

4

lib.unnes.ac.id

Internet Source

1%

5

Submitted to Universitas Amikom

Student Paper

1%

6

www.esdm.go.id

Internet Source

1%

7

jurnal.ugm.ac.id

Internet Source

1%

8

etheses.uin-malang.ac.id

Internet Source

1%

9

www.infosawit.com

Internet Source

1%

10

ojs3.unpatti.ac.id

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On