

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

Sirin Fairus^{1*}, Nurul Asiah², Teguh Sandi Wijaya¹ dan Tasya Nurfadila²

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

²Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Bakrie, Indonesia

ABSTRAK

Pertumbuhan konsumsi minyak goreng di wilayah perkotaan, khususnya DKI Jakarta, menghasilkan limbah minyak jelantah dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konversi minyak jelantah menjadi biodiesel serta menghitung emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari tahapan transportasi dan proses transesterifikasi. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui pengambilan sampel minyak jelantah dari beberapa wilayah di DKI Jakarta, pengujian laboratorium kualitas biodiesel berdasarkan standar SNI 7182:2015, serta perhitungan emisi menggunakan faktor emisi transportasi dan proses produksi biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak jelantah memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku biodiesel untuk mendukung ketahanan energi lokal dan pengurangan limbah perkotaan. Kondisi optimum proses transesterifikasi diperoleh pada rasio minyak terhadap metanol 6:1, penggunaan katalis KOH 1%, suhu 70 °C, dan kecepatan pengadukan 600 rpm dengan yield biodiesel mencapai 90,42%. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu SNI 7182:2015 pada parameter utama viskositas, angka setana, kandungan sulfur, dan kestabilan oksidasi. Jumlah total emisi dalam periode tertentu merupakan penjumlahan dari emisi kegiatan pengumpulan berdasarkan jarak rata-rata terjauh dan emisi proses produksi biodiesel berbahan baku minyak jelantah. Estimasi emisi dari produksi biodiesel harian di lima wilayah DKI Jakarta adalah sebesar 30.624,80 kg CO₂ ekuivalen. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan minyak jelantah sebagai biodiesel tidak hanya berpotensi mengurangi limbah dan mendukung energi terbarukan, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengelolaan emisi GRK di kawasan perkotaan. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara analisis kualitas biodiesel minyak jelantah dan estimasi emisi GRK berbasis wilayah perkotaan di DKI Jakarta.

Kata kunci: minyak jelantah, biodiesel, transesterifikasi, emisi gas rumah kaca, energi terbarukan, DKI Jakarta

ABSTRACT

The increasing consumption of cooking oil in urban areas, particularly in DKI Jakarta, generates a significant amount of waste cooking oil that may cause environmental pollution if not properly managed. This study aims to analyze the conversion of waste cooking oil into biodiesel and to estimate greenhouse gas (GHG) emissions generated from transportation and transesterification processes. The research employed quantitative and qualitative approaches, including waste cooking oil sampling from several areas in DKI Jakarta, laboratory testing of biodiesel quality according to SNI 7182:2015 standards, and emission calculations using transportation and biodiesel production emission factors. The results indicate that waste cooking oil has strong potential as a biodiesel feedstock to support local energy resilience and urban waste reduction. The optimal transesterification conditions were 6:1 oil-to-methanol ratio, 1% KOH catalyst concentration, 600 rpm stirring speed, and 70°C, resulting in a biodiesel yield of 90.42%. The produced biodiesel complied with SNI 7182:2015 quality standards for major parameters, including viscosity, cetane number, sulfur content, and oxidation stability. The total emissions for a given period are the sum of emissions from the collection activities based on the longest average distance and emissions from the biodiesel production process using used cooking oil. The estimated emissions from daily biodiesel production in five areas of DKI Jakarta are 30,624.80 kg CO₂ equivalent. These findings demonstrate that using waste cooking oil for biodiesel production not only contributes to waste reduction and renewable energy development but also supports greenhouse gas emission management in urban areas. The novelty of this study lies in its integrative approach combining biodiesel quality assessment and region-based GHG emission estimation in DKI Jakarta.

Keywords: waste cooking oil, biodiesel, transesterification, greenhouse gas emissions, renewable energy, DKI Jakarta

Citation: Fairus, S., Asiah, N., Wijaya, T. S., dan Nurfadila, T. (2026). Analisis Degradasi Minyak Jelantah dan Dampaknya Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca dalam Produksi Biodiesel di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(2), 271-282, doi:10.14710/jil.24.2.271-282

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia menyebabkan kebutuhan energi nasional, khususnya bahan bakar fosil, terus meningkat setiap tahun. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya konsumsi minyak bumi yang bersifat tidak terbarukan sehingga berpotensi mempercepat penurunan cadangan energi fosil nasional. Oleh karena itu, pengembangan energi alternatif yang terbarukan, ramah lingkungan, dan berkelanjutan menjadi salah satu langkah strategis dalam mendukung ketahanan energi nasional. Upaya tersebut sejalan dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan sebagai bagian dari strategi diversifikasi energi nasional.

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 Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI Nomor 001.Pers/04/SJI/2025, menetapkan penggunaan bahan bakar solar yang dicampur dengan biodiesel berbasis minyak sawit sebesar 40% (B40), yang mulai diberlakukan pada 1 Januari 2025. Kebijakan tersebut menunjukkan komitmen pemerintah dalam meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan sekaligus menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor energi dan transportasi.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi minyak nabati, lemak hewani, maupun minyak bekas menggunakan alkohol sehingga menghasilkan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dan gliserol sebagai produk samping (Szybist *et al.*, 2005). Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil, antara lain bersifat biodegradable, tidak beracun, serta mampu menurunkan emisi GRK. Selain itu, biodiesel dapat digunakan pada mesin diesel tanpa memerlukan modifikasi yang signifikan. Seiring perkembangan teknologi energi terbarukan, minyak jelantah atau waste cooking oil (WCO) mulai banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel karena memiliki biaya produksi yang lebih rendah dan memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan limbah perkotaan (Kristiana *et al.*, 2023).

Indonesia memiliki potensi minyak jelantah yang besar seiring tingginya konsumsi minyak goreng masyarakat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), rata-rata konsumsi minyak goreng masyarakat perkotaan mencapai 1,02 liter per kapita per bulan. Tingginya konsumsi tersebut menyebabkan volume limbah minyak jelantah dari rumah tangga, restoran, dan industri makanan terus meningkat. Namun, pengelolaan minyak jelantah di masyarakat masih belum optimal. Minyak jelantah

sering digunakan berulang kali atau dibuang langsung ke lingkungan sehingga berpotensi mencemari air dan tanah serta menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat (Febijanto *et al.*, 2022). Menurut Zhang *et al.* (2024), pengelolaan minyak jelantah yang tidak terkendali juga berkontribusi terhadap peningkatan pencemaran lingkungan perkotaan dan emisi karbon dari sektor limbah domestik.

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel menjadi salah satu solusi strategis untuk mengurangi limbah sekaligus mendukung pengembangan energi terbarukan. Direktorat Jenderal EBTKE Kementerian ESDM menyatakan bahwa pemanfaatan minyak jelantah berpotensi memenuhi hingga 32% kebutuhan biodiesel nasional dan mampu menurunkan emisi karbon hingga 91,7% dibandingkan solar konvensional. Selain itu, penggunaan minyak jelantah juga dapat menekan biaya produksi biodiesel hingga sekitar 35% dibandingkan biodiesel berbasis CPO. Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah berkelanjutan. Rahman *et al.* (2023) menunjukkan bahwa biodiesel berbasis waste cooking oil memiliki performa lingkungan yang lebih baik dibandingkan biodiesel berbasis virgin oil karena mampu menurunkan beban emisi pada rantai pasok bahan baku. 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.

Secara teknis, kualitas minyak jelantah dipengaruhi oleh proses pemakaian berulang yang dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA), kadar air, dan bilangan peroksida, serta menurunkan stabilitas oksidasi minyak. Tingginya kandungan FFA dapat memengaruhi efektivitas proses transesterifikasi dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Leung *et al.* (2010) menyatakan bahwa proses transesterifikasi berbasis katalis basa bekerja optimal pada minyak dengan kadar FFA di bawah 1% dan kadar air di bawah 0,05%. Selain itu, Putri *et al.* (2024) menunjukkan bahwa peningkatan kadar FFA secara signifikan dapat menurunkan yield biodiesel dan meningkatkan pembentukan sabun selama proses transesterifikasi. Oleh karena itu, analisis karakteristik minyak jelantah menjadi tahapan penting dalam produksi biodiesel.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas produksi biodiesel dari minyak jelantah dan karakteristik mutu biodiesel yang dihasilkan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada kualitas biodiesel dan efisiensi proses produksi tanpa mengintegrasikan estimasi emisi GRK dari rantai logistik pengumpulan minyak jelantah hingga proses produksi biodiesel pada skala wilayah perkotaan. Kajian berbasis wilayah perkotaan penting dilakukan untuk memahami potensi pengurangan emisi dan

pengelolaan limbah secara lebih kontekstual. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan analisis kualitas biodiesel dengan estimasi emisi GRK berbasis wilayah DKI Jakarta masih sangat terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis karakteristik minyak jelantah, kualitas biodiesel hasil transesterifikasi, dan estimasi emisi GRK berbasis rantai logistik pengumpulan minyak jelantah pada wilayah perkotaan DKI Jakarta.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis karakteristik dan tingkat degradasi minyak jelantah berdasarkan parameter kadar air, asam lemak bebas (FFA), dan bilangan iodium; (2) mengevaluasi kualitas biodiesel hasil transesterifikasi berdasarkan standar SNI 7182:2015; dan (3) menghitung estimasi emisi gas rumah kaca (GRK) dari proses pengumpulan minyak jelantah dan produksi biodiesel di DKI Jakarta.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan biodiesel berbasis minyak jelantah di wilayah perkotaan, sekaligus menjadi referensi bagi pemerintah daerah dan sektor industri dalam mendukung pengelolaan limbah minyak jelantah, pengembangan energi terbarukan, serta upaya pengurangan emisi GRK menuju pembangunan berkelanjutan.

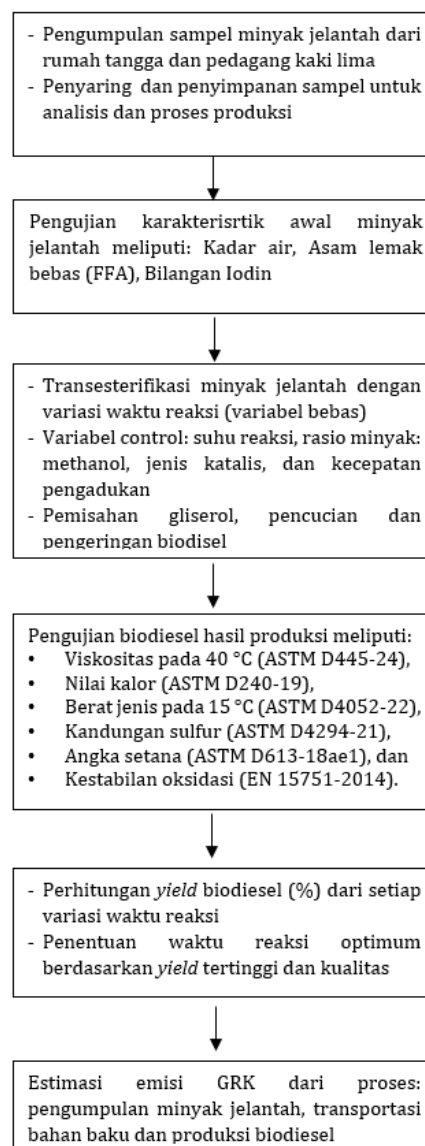
2. METODE PENELITIAN

Penelitian mengkaji 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 menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi kelayakan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel serta mengestimasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari proses pengumpulan bahan baku dan produksi biodiesel di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Menurut Creswell dan Creswell (2018), pendekatan kuantitatif eksperimental digunakan untuk menguji hubungan antar variabel melalui perlakuan tertentu pada kondisi yang terkontrol. Tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel minyak jelantah, karakterisasi mutu minyak, proses produksi biodiesel melalui transesterifikasi, pengujian kualitas biodiesel, analisis yield biodiesel, serta perhitungan emisi GRK. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan variasi waktu reaksi transesterifikasi sebagai variabel bebas, sedangkan yield biodiesel dan kualitas biodiesel sebagai variabel terikat. Variabel kontrol meliputi suhu reaksi, rasio minyak terhadap metanol, jenis katalis, dan kecepatan pengadukan untuk menjaga konsistensi proses produksi biodiesel.

Pengambilan sampel minyak jelantah bersumber dari rumah tangga dilakukan di wilayah Jakarta. Pemilihan lokasi untuk contoh perhitungan emisi GRK dilakukan di Jakarta Timur. Hal ini karena memiliki jumlah penduduk terbesar di DKI Jakarta sehingga berpotensi menghasilkan minyak jelantah dalam

jumlah tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik (2023), Jakarta Timur merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk dan aktivitas usaha makanan yang tinggi sehingga berpotensi menghasilkan limbah minyak goreng dalam jumlah besar.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sampel minyak jelantah juga bersumber dari pedagang kaki lima tertentu yang menggunakan minyak goreng secara intensif. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling berdasarkan frekuensi penggunaan minyak goreng berulang dan intensitas aktivitas penggorengan. Menurut Sugiyono (2022), *purposive sampling* digunakan apabila penentuan sampel dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian.

Sampel penelitian terdiri atas dua kelompok, yaitu:

- Minyak goreng baru digunakan sebagai sampel kontrol untuk membandingkan mutu awal minyak sebelum digunakan dalam proses penggorengan. Sampel minyak goreng baru terdiri atas minyak

goreng bermerek dalam kemasan botol yang diperoleh dari supermarket, minyak goreng curah dalam kemasan plastik, serta minyak goreng program pemerintah yang diperoleh dari warung tradisional.

- Sampel minyak jelantah diperoleh dari beberapa sumber, yaitu rumah tangga, tiga pedagang pecel lele, tiga pedagang tahu Sumedang, dan tiga pedagang cakue sebagai representasi penggunaan minyak goreng pada sektor domestik dan usaha makanan.

Jumlah sampel ditentukan secara purposive dengan mempertimbangkan keseragaman jenis aktivitas penggorengan serta keterwakilan pola penggunaan minyak goreng berulang pada sektor usaha mikro pangan. Setiap sampel minyak jelantah dikumpulkan sebanyak 600 ml dari setiap sumber dan disimpan dalam wadah tertutup sebelum dilakukan pengujian laboratorium untuk menghindari kontaminasi dan oksidasi lanjutan. Minyak jelantah dari sumber rumah tangga berhasil terkumpul sebanyak 30 liter.

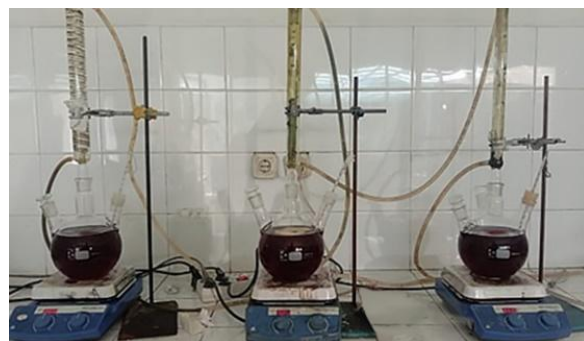
Analisis karakteristik minyak jelantah dilakukan untuk mengetahui tingkat degradasi minyak akibat penggunaan berulang serta menentukan kelayakannya sebagai bahan baku biodiesel. Parameter fisika dan kimia yang dianalisis meliputi warna, kadar air, asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA), dan bilangan iodin. Karakteristik bahan baku minyak sangat memengaruhi efisiensi proses transesterifikasi dan mutu biodiesel yang dihasilkan.

Analisis kerusakan fisika pada minyak goreng dilakukan secara kualitatif terhadap parameter warna dan pengukuran kadar air, mengacu pada standar SNI 7709:2019. 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.

Sebelum proses pembuatan biodiesel, minyak jelantah terlebih dahulu mengalami tahap pretreatment berupa penyaringan menggunakan kertas saring untuk menghilangkan partikel padat dan residu hasil penggorengan. Produksi biodiesel dilakukan menggunakan metode transesterifikasi dengan katalis basa karena metode ini dinilai efektif menghasilkan konversi metil ester yang tinggi pada minyak dengan kadar FFA rendah (Leung *et al.*, 2010). Proses reaksi dilakukan menggunakan reaktor labu leher tiga yang dilengkapi hot plate magnetic stirrer.

Sebanyak 600 ml minyak jelantah dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian ditambahkan larutan kalium metoksida yang terdiri atas 100 mL metanol dan katalis KOH sebesar 1% dari volume minyak. Reaksi dilakukan pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 600 rpm selama 60, 70, dan 80 menit untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi terhadap yield biodiesel. Setelah proses reaksi selesai, campuran dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua

lapisan, yaitu metil ester (biodiesel) pada lapisan atas dan gliserol pada lapisan bawah. Biodiesel selanjutnya dicuci menggunakan air hangat hingga diperoleh biodiesel yang lebih murni. Tahapan proses ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Reaktor Proses Transesterifikasi



Gambar 3. Proses Pemisahan Gliserol dengan Metil Ester



Gambar 4. Proses Pencucian Metil Ester

Setiap variasi percobaan dilakukan sebanyak dua kali pengulangan untuk meningkatkan reliabilitas dan konsistensi data hasil produksi biodiesel. Kondisi operasi proses transesterifikasi pada penelitian ini merupakan modifikasi dari metode yang dikembangkan oleh Cahyati dan Pujaningtyas (2017). Kualitas biodiesel dianalisis berdasarkan parameter mutu biodiesel yang mengacu Syarat Mutu Biodiesel Tercantum Pada SNI 7182:2015. Pengujian dilakukan terhadap parameter nilai kalor, viskositas, berat jenis, kandungan sulfur, angka setana, dan kestabilan oksidasi. Metode pengujian masing-masing parameter ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Pengujian Masing-Masing Parameter

No.	Parameter Uji	Metode/ Standar Pengujian
1	Nilai kalor	ASTM D240-19
2	Viskositas pada 40 °C	ASTM D445-24
3	Berat jenis pada 15°C	ASTM D4052-22
4	Kandungan sulfur	ASTM D4294-21
5	Angka setana	ASTM D613-18ae1
6	Kestabilan oksidasi	EN 15751:2014

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:

$$\sum \text{Emisi} = \text{DA} \times \text{EF}$$

Keterangan:

$\sum Em$ = jumlah emisi (CO₂eq/liter)

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

EF = Faktor Emisi (CO₂eq/liter)

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:

$$\sum \text{Emisi} = \sum \text{Pengumpulan Minyak Jelanta} + \sum \text{Transesterifikasi}$$

Keterangan:

$\sum Emis$ = Jumlah emisi (CO₂eq/liter)

DA = Total emisis dari pengumpulan minyak jelantah (CO₂eq/liter)

EF = Total emisi dari kegiatan transesterifikasi (CO₂eq/liter)

Asumsi jenis kendaraan yang digunakan selama proses pengumpulan minyak jelantah adalah mobil berjenis *pick-up* dengan jenis bahan bakar diesel. Kebutuhan energi per kilometernya merujuk pada hasil penelitian Badan Litbang Perhubungan (2012) yang mengatakan bahwa mobil *pick-up* memiliki kebutuhan energi sebanyak 0,1064 liter/km. Emisi GRK dari aktivitas transportasi dihitung dengan cara mengalikan total konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk transportasi pengangkut minyak jelantah dengan faktor emisi minyak diesel untuk transportasi. Faktor emisi yang digunakan untuk menghitung emisi adalah Faktor emisi diesel sebesar 3,14 kg CO₂eq/liter (Biograce 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

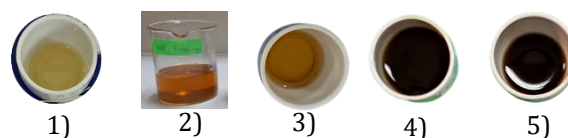
3.1. Analisis Data

Data hasil pengujian laboratorium dianalisis menggunakan statistik deskriptif kuantitatif berupa nilai rata-rata, persentase yield biodiesel, dan perbandingan antar variabel proses pada setiap variasi waktu reaksi. Menurut Montgomery (2019), analisis deskriptif pada penelitian eksperimen digunakan untuk mengevaluasi kecenderungan hasil dan hubungan antarvariabel perlakuan.

Hasil pengujian kualitas biodiesel dibandingkan dengan standar mutu biodiesel Standar Nasional Indonesia (2015) untuk mengevaluasi kelayakan biodiesel yang dihasilkan sebagai bahan bakar alternatif. Data emisi GRK dianalisis untuk mengevaluasi potensi dampak lingkungan dari pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel di wilayah perkotaan. Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel 2021 untuk perhitungan numerik dan penyajian data penelitian.

3.2. Analisis Karakteristik Fisika dan Kimia Minyak Jelantah

Parameter fisika minyak jelantah yang dianalisis pada penelitian ini meliputi tampilan warna dan kadar air. Berdasarkan Gambar 5 terlihat adanya perubahan warna pada minyak jelantah dibandingkan minyak goreng baru. Warna minyak yang semakin gelap menunjukkan terjadinya penurunan kualitas minyak akibat proses pemanasan berulang selama penggorengan. Menurut Aeni (2020), perubahan warna minyak goreng dapat dipengaruhi oleh proses oksidasi termal, sisa bumbu makanan, serta kerak pada alat penggorengan. Perubahan warna tersebut merupakan indikator awal terjadinya degradasi fisik dan kimia minyak.



Gambar 5. Penampakan Warna Minyak dari Beberapa Sumber 1) Minyak Goreng 2) Minyak Jelantah Rumah Tangga 3) Minyak Jelantah Pedang Cakue 4) Minyak Jelantah Pedagang Pecel Lele 5) Minyak Jelantah Pedagang Tahu Sumedang

Selain warna, kadar air menjadi parameter penting dalam menentukan kualitas minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel. Hasil perbandingan kadar air minyak jelantah menunjukkan bahwa minyak jelantah dari pedagang pecel lele memiliki kadar air tertinggi, yaitu sebesar 0,6786%, sedangkan minyak jelantah rumah tangga memiliki kadar air yang relatif lebih rendah, yaitu 0,0408%. Tingginya kadar air pada minyak jelantah pedagang kaki lima diduga dipengaruhi oleh frekuensi penggunaan minyak secara berulang, suhu penggorengan tinggi, serta kandungan air pada bahan pangan yang digoreng. Menurut Leung *et al.* (2010), kadar air yang tinggi pada bahan baku biodiesel dapat memicu reaksi

saponifikasi selama proses transesterifikasi sehingga menurunkan efisiensi pembentukan metil ester.

Hasil penelitian ini relatif lebih tinggi dibandingkan penelitian Putri *et al.* (2024) pada minyak jelantah usaha kuliner di Surabaya yang melaporkan kadar air berkisar antara 0,12–0,35%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik minyak jelantah sangat dipengaruhi oleh jenis usaha pangan, lama penggunaan minyak, dan teknik penggorengan yang digunakan. Selain itu, Gui *et al.* (2008) menyatakan bahwa kandungan air yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi katalis dan menyebabkan terbentuknya emulsi saat proses pencucian biodiesel.

Dari aspek kualitas bahan baku, kadar air minyak jelantah rumah tangga pada penelitian ini masih di bawah batas optimum transesterifikasi berbasis katalis basa (<0,05%) sebagaimana direkomendasikan oleh Leung *et al.* (2010), sehingga lebih potensial digunakan sebagai bahan baku biodiesel dibandingkan minyak jelantah dari pedagang kaki lima. Tabel 2 memperlihatkan perbandingan kadar air minyak jelantah.

Parameter berikutnya yang dianalisis adalah kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*/FFA) dan angka asam. Seluruh sampel minyak jelantah mengalami peningkatan kadar FFA dibandingkan minyak goreng baru. Nilai FFA tertinggi ditemukan pada minyak jelantah rumah tangga sebesar 2,6323%, sedangkan nilai terendah terdapat pada minyak jelantah pedagang cakue sebesar 0,7968%. Peningkatan nilai FFA menunjukkan terjadinya degradasi minyak akibat proses hidrolisis dan oksidasi selama pemanasan berulang. Menurut Omer *et al.* (2015), peningkatan FFA merupakan indikator utama kerusakan minyak goreng akibat pemakaian berulang pada suhu tinggi.

Walaupun terjadi peningkatan FFA, seluruh sampel masih memiliki nilai FFA di bawah 5%, sehingga proses produksi biodiesel masih dapat dilakukan menggunakan metode transesterifikasi langsung tanpa tahap esterifikasi pendahuluan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Rahman *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa minyak jelantah dengan

kadar FFA di bawah 5% masih mampu menghasilkan biodiesel dengan efisiensi konversi tinggi menggunakan katalis basa KOH.

Tingginya kadar FFA dapat menyebabkan pembentukan sabun selama proses transesterifikasi sehingga menurunkan yield biodiesel dan menyulitkan pemisahan gliserol. Selain itu, biodiesel dengan kadar FFA tinggi berpotensi meningkatkan korosi pada sistem bahan bakar mesin diesel dan menurunkan stabilitas oksidasi bahan bakar (Wirawan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengendalian kadar FFA menjadi parameter penting dalam pemilihan bahan baku biodiesel. Tabel 3 menyajikan data perbandingan FFA minyak jelantah.

Bilangan iodin pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan menurun setelah minyak digunakan berulang kali dalam proses penggorengan. Penurunan tertinggi terjadi pada minyak jelantah pedagang pecel lele, yaitu sebesar 51,33% dibandingkan minyak goreng baru. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses oksidasi termal selama penggorengan menyebabkan berkurangnya jumlah ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh. Menurut Singh dan Hashmi (2021), penurunan bilangan iodin mengindikasikan terjadinya peningkatan tingkat kejenuhan minyak akibat oksidasi dan polimerisasi selama pemanasan berulang.

Bilangan iodin yang terlalu tinggi dapat menyebabkan biodiesel lebih mudah mengalami oksidasi selama penyimpanan, sedangkan bilangan iodin yang terlalu rendah dapat menurunkan karakteristik aliran bahan bakar pada suhu rendah. Seluruh sampel minyak jelantah pada penelitian ini masih berada di bawah batas maksimum SNI 7182:2015 sebesar 115 g I₂/100 g minyak, sehingga masih layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Hasil penelitian ini relatif sejalan dengan penelitian Sarofa *et al.* (2020) yang melaporkan bilangan iodin biodiesel minyak jelantah sebesar 60,80 g I₂/100 g minyak. Hal tersebut menunjukkan bahwa biodiesel minyak jelantah pada penelitian ini masih memiliki kestabilan oksidasi yang cukup baik untuk aplikasi bahan bakar diesel. Tabel 4 menyajikan data bilangan iodium yang diperoleh dari sampel minyak jelantah.

Tabel 2. Perbandingan Kadar Air Minyak Jelantah

Jenis sampel	Rata Kadar		Perubahan Kadar Air terhadap
	Air (%)	St Deviasi	Minyak Goreng Baru
Minyak Goreng Baru	0,0374	0,0001	(kontrol)
Minyak Jelantah Rumah Tangga	0,0408	0,0013	9,20%
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	0,6786	0,0313	1714,44%
Minyak Jelantah dari Pedagang Tahu Sumedang	0,3244	0,0123	767,38%
Minyak Jelantah dari Pedagang Cakue	0,1456	0,0143	289,30%

Tabel 3. Perbandingan Kadar FFA dan Angka Asam Minyak Jelantah

Jenis sampel	FFA (%)	St Deviasi	Bilangan Asam mg KOH/gram	St Deviasi
Minyak Goreng Baru	0,1867*	0,0062	0,0004	1,36E-05
Minyak Jelantah Rumah Tangga	2,6323	0,0266	0,0058	5,82E-05
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	2,543	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	8,50E-05

Tabel 4. 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	1,321
Minyak Jelantah dari Pedagang Pecel Lele	25,174	1,2272	4,75
Minyak Jelantah dari Pedagang Tahu Sumedang	32,0549	1,585	4,945
Minyak Jelantah dari Pedagang Cakue	47,3999	2,2749	4,799

3.3. Proses Pembuatan Biodiesel

Berdasarkan hasil analisis karakteristik minyak jelantah, seluruh sampel masih memiliki nilai FFA di bawah 5%, sehingga proses produksi biodiesel dapat dilakukan langsung melalui reaksi transesterifikasi tanpa tahap esterifikasi pendahuluan. Dalam penelitian ini, proses transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis basa KOH dengan variasi waktu reaksi 60, 70, dan 80 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu reaksi transesterifikasi memberikan pengaruh terhadap yield biodiesel yang dihasilkan. Yield tertinggi diperoleh pada waktu reaksi 70 menit sebesar 90,42%, sedangkan pada waktu reaksi 80 menit terjadi penurunan yield menjadi 82,92%. Penurunan ini diduga terjadi akibat reaksi balik (reverse reaction) dan pembentukan sabun akibat kontak reaktan yang terlalu lama. Tabel 5 memperlihatkan hasil yield dari pembuatan biodiesel dengan variasi waktu pengadukan reaksi.

Tabel 5. Hasil Yield dari Pembuatan Biodiesel dengan Variasi Waktu Pengadukan Reaksi

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

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Channappagoudra *et al.* (2019) yang melaporkan bahwa peningkatan waktu reaksi transesterifikasi secara berlebihan dapat menurunkan efisiensi konversi biodiesel akibat terbentuknya emulsi dan reaksi samping. Yield biodiesel pada penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan penelitian Silalahi *et al.* (2017) yang memperoleh yield biodiesel minyak jelantah sebesar 84–88% menggunakan katalis NaOH.

Tingginya yield biodiesel menunjukkan bahwa minyak jelantah dari rumah tangga dan sektor usaha pangan di wilayah perkotaan memiliki potensi yang

baik sebagai bahan baku biodiesel skala lokal. Selain itu, hasil ini memperlihatkan bahwa kondisi operasi reaksi, khususnya waktu reaksi, sangat memengaruhi efisiensi proses transesterifikasi.

Pengujian kualitas biodiesel menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi sebagian besar parameter mutu berdasarkan SNI 7182:2015. Parameter yang diuji meliputi nilai kalor, viskositas, berat jenis, kandungan sulfur, angka setana, dan kestabilan oksidasi. Tabel 6 memperlihatkan hasil Pengukuran Kualitas Biodiesel Minyak Jelantah Rumah Tangga.

Nilai viskositas biodiesel yang diperoleh sebesar 6,089 cSt berada sangat dekat di atas batas maksimum SNI 7182:2015 sebesar 6,0 cSt. Nilai ini menunjukkan bahwa biodiesel masih relatif memiliki karakteristik aliran yang cukup baik untuk digunakan pada mesin diesel, meskipun viskositas yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan proses atomisasi bahan bakar menjadi kurang sempurna. Menurut Riyanti (2012), viskositas biodiesel yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan deposit karbon pada injektor dan ruang bakar mesin diesel.

Tingginya viskositas biodiesel minyak jelantah umumnya dipengaruhi oleh kandungan asam lemak jenuh dan residu gliserol yang masih tersisa dalam biodiesel. Knothe dan Razon (2017) juga menunjukkan bahwa biodiesel berbasis minyak jelantah cenderung memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan biodiesel berbasis minyak nabati murni akibat degradasi termal minyak selama proses penggorengan.

Nilai kestabilan oksidasi biodiesel sebesar 543,05 menit menunjukkan bahwa biodiesel memiliki ketahanan oksidasi yang baik selama penyimpanan dan distribusi. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan batas minimum SNI 7182:2015 sebesar 480 menit. Menurut Wirawan *et al.* (2023), biodiesel dengan kestabilan oksidasi rendah berpotensi menghasilkan gum dan sedimen yang dapat menyumbat filter bahan bakar dan meningkatkan risiko korosi pada sistem mesin diesel.

Jika dibandingkan dengan biodiesel berbahan baku crude palm oil (CPO), biodiesel dari minyak jelantah pada penelitian ini memiliki karakteristik mutu yang relatif kompetitif, terutama pada parameter angka setana dan kandungan sulfur. Biodiesel minyak jelantah juga memiliki keunggulan dari aspek keberlanjutan karena memanfaatkan limbah domestik tanpa memerlukan pembukaan lahan baru sebagaimana biodiesel berbasis tanaman energi.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kualitas Biodiesel Minyak Jelantah Rumah Tangga

Penetapan	Hasil	Satuan	Metoda	SNI 7182: 2015	Ket.
Nilai Kalor	39,01	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

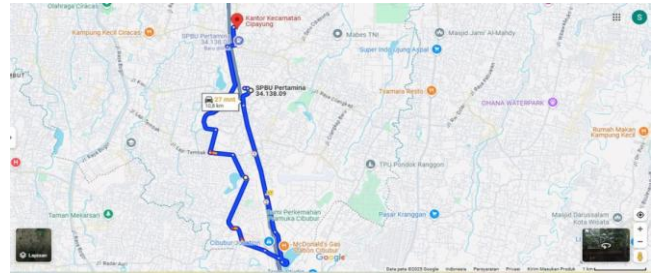
Dibandingkan biodiesel berbahan baku minyak kedelai dan minyak jarak, biodiesel minyak jelantah memiliki biaya produksi yang lebih rendah karena bahan bakunya berasal dari limbah rumah tangga dan usaha pangan. Menurut Rahman *et al.* (2023), biodiesel berbasis waste cooking oil mampu menurunkan biaya produksi hingga 30% dibandingkan biodiesel berbasis virgin oil.

Dari aspek lingkungan, Zhang *et al.* (2024) melaporkan bahwa biodiesel berbahan baku waste cooking oil dapat menurunkan emisi GRK hingga 70–85% dibandingkan solar konvensional. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan minyak jelantah sebagai biodiesel memiliki potensi besar dalam mendukung transisi energi rendah karbon di kawasan perkotaan.

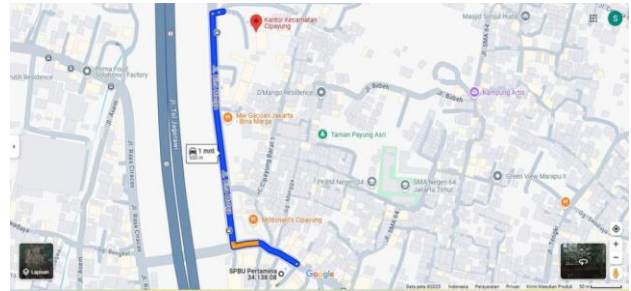
3.4. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Transportasi dan Proses Produksi Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah di DKI Jakarta

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam mendukung pengembangan energi terbarukan dan pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Namun demikian, pemanfaatannya masih belum optimal dibandingkan beberapa negara lain yang telah mengembangkan biodiesel berbasis waste cooking oil (WCO) secara luas. Berdasarkan kajian dari International Council on Clean Transportation (ICCT), Indonesia memiliki potensi pengumpulan minyak jelantah hingga 715 kiloton per tahun dengan potensi produksi biodiesel mencapai 651 kiloton per tahun (Kristiana *et al.*, 2023). Akan tetapi, realisasi produksi biodiesel berbasis minyak jelantah di Indonesia masih sangat rendah, yaitu sekitar 0,7 kiloton per tahun (Kristiana *et al.*, 2022). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa minyak jelantah masih belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber energi alternatif domestik.

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 menuju fasilitas pengolahan biodiesel. Dalam simulasi ini, asumsi jarak tempuh pengumpulan menghitung rata-rata jarak terdekat dan terjauh yang mungkin ditempuh dari titik kumpul minyak jelantah di setiap kecamatan ke SPBU PT Pertamina berperan sebagai *offtaker* dan pengolah biodiesel. SPBU Pertamina diproyeksikan sebagai titik pengumpulan akhir minyak jelantah karena tersebar di seluruh kota. Dengan demikian, akan memudahkan dalam proses pengumpulannya. Sebagai contoh, pada Gambar 6 dan 7 memperlihatkan jarak terjauh dan terdekat pengumpulan minyak jelantah di Kota Jakarta Timur dari simpul pengepul di kecamatan Kota Jakarta Timur ke SPBU Pertamina.



Gambar 6. Jarak Terjauh Kantor Kecamatan Cipayang ke SPBU Pertamina (Sumber: Google Maps)



Gambar 7. Jarak Terdekat Kantor Kecamatan Cipayang ke SPBU Pertamina

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). 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. Hasil perhitungan emisi transportasi ada pada Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Emisi dari Kegiatan Transportasi Pengangkutan Minyak Jelantah di Jakarta Timur

Kegiatan	Jarak transportasi (km)	Jumlah emisi (kg CO ₂ eq/1000 l)	Jumlah emisi (kg CO ₂ eq/ l)
Pengangkutan minyak jelantah	Rata rata jarak terdekat	1.090	0,364164
	Rata-rata jarak terjauh	5.160	1,72393

Pada perhitungan tahap transesterifikasi biodiesel, digunakan methanol sebagai jenis alkohol dan kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis basa, seperti yang disajikan dalam Tabel 8. 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. Sebagai contoh, proses *refinery* di Jakarta Timur menghasilkan 8.761,76 kg CO₂ ekuivalen. Hasil analisis, sumber emisi terbesar pada penelitian ini berasal dari tahap proses transesterifikasi biodiesel, khususnya penggunaan methanol dalam proses produksi. Penggunaan methanol memberikan kontribusi emisi sebesar 0,12 kg CO₂-eq/l biodiesel atau sekitar 76% dari total emisi proses produksi biodiesel. Kondisi ini menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan bahan kimia dan energi menjadi faktor penting dalam menurunkan jejak karbon biodiesel berbasis minyak jelantah.

Perbandingan emisi dari dua kegiatan, emisi dari tahap transportasi relatif lebih kecil dibandingkan proses produksi biodiesel. Sebagai contoh di Jakarta Timur, hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi transportasi pengumpulan minyak jelantah hanya berkisar antara 0,0003648–0,00172393 kg CO₂-eq/l biodiesel tergantung jarak pengangkutan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem pengumpulan minyak jelantah berbasis wilayah perkotaan masih cukup efisien karena lokasi sumber limbah dan fasilitas pengumpulan relatif berdekatan. Kondisi ini menjadi salah satu keunggulan pengembangan biodiesel berbasis limbah domestik di wilayah metropolitan seperti DKI Jakarta. Analisis perhitungan dikembangkan di lima wilayah kota Jakarta dengan jumlah penduduk seperti disajikan pada Tabel 9.

Masyarakat berpendapatan menengah menghasilkan minyak jelantah sebanyak 0,02 liter per orang per hari (DLH DKI Jakarta, 2020). Dengan menggunakan metode yang sama dengan Jakarta

Timur, perhitungan emisi GRK dari kegiatan transportasi dan proses *refinery* di empat kota wilayah Jakarta lainnya disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 9. 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			10.656.137

Sumber: Provinsi DKI Jakarta dalam angka 2024

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biodiesel berbahan baku minyak jelantah di wilayah DKI Jakarta memiliki potensi signifikan dalam mendukung pengurangan emisi karbon sektor energi dan transportasi. Berdasarkan hasil perhitungan, total potensi minyak jelantah harian di wilayah DKI Jakarta mencapai sekitar 213.123 liter per hari dengan potensi produksi biodiesel sebesar 192.714 liter. Adapun total emisi GRK yang dihasilkan dari proses transportasi pengumpulan minyak jelantah dan proses transesterifikasi biodiesel mencapai sekitar 30.626,80 kg CO₂-eq.

Studi Zhang *et al.* (2024) di Tiongkok yang menunjukkan bahwa biodiesel berbasis *waste cooking oil* mampu menurunkan emisi GRK hingga 70–85% dibandingkan bahan bakar diesel fosil. Selain itu, penelitian Widyarini (2022) menunjukkan bahwa penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel mampu menurunkan emisi karbon karena tidak memerlukan proses budidaya bahan baku sebagaimana biodiesel generasi pertama berbasis tanaman energi. Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah memiliki keunggulan lingkungan yang lebih baik karena memanfaatkan limbah domestik yang sebelumnya berpotensi mencemari lingkungan.

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
	Elictricity	0,03683	kWh	30	0,003
	Steam	0,18	Kg	0	0
	Total refinery			157,5	0,157
Blinding	Truck	60	Km		
	Diesel	0,021	Liter	600	0,06

Sumber: (Widyarini, 2022)

Tabel 10. Perhitungan Emisi GRK Transportasi dan Transesterifikasi Biodiesel dari Minyak jelantah Kota Jakarta

Kota	Jumlah minyak jelantah (l)	Jumlah biodiesel (l)	Jarak rata2 terjauh (km)	Emisi GRK kg CO ₂ eq
Jakarta Timur	61.720,20	55.807,40	5,16	8.857,97
Jakarta Barat	49.591,42	44.849,18	3,71	7.095,58
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	6.466,80
Total DKI Jakarta	213.122,74	192.714		30.624,80

Jika dibandingkan dengan biodiesel berbahan baku *virgin palm oil*, nilai emisi tersebut tergolong relatif rendah. Rahman *et al.* (2023) melaporkan bahwa biodiesel berbasis *crude palm oil* menghasilkan emisi sekitar 0,25–0,40 kg CO₂-eq/l biodiesel akibat kontribusi emisi dari tahap budidaya, penggunaan pupuk, transportasi tandan buah segar, serta perubahan penggunaan lahan (*land use change*). Sementara itu, hasil penelitian ini menunjukkan total emisi biodiesel minyak jelantah sekitar 0,1587 kg CO₂-eq/l biodiesel. Nilai tersebut menunjukkan bahwa biodiesel berbasis minyak jelantah memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan biodiesel berbasis minyak sawit murni.

Dari aspek ekonomi, biodiesel berbasis minyak jelantah memiliki potensi yang cukup kompetitif dibandingkan biodiesel berbahan baku minyak sawit murni (*virgin oil*). Pemanfaatan minyak jelantah dapat menekan biaya produksi biodiesel karena bahan baku berasal dari limbah rumah tangga dan usaha pangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Kristiana *et al.* (2023) melaporkan bahwa biodiesel berbasis minyak jelantah mampu menurunkan biaya produksi hingga 30–35% dibandingkan biodiesel berbasis *crude palm oil*. Selain itu, pengembangan sistem pengumpulan minyak jelantah juga berpotensi menciptakan peluang ekonomi baru bagi masyarakat, sektor UMKM, serta industri pengelolaan limbah perkotaan.

Dari perspektif keberlanjutan (*sustainability*), pemanfaatan minyak jelantah mendukung penerapan konsep *circular economy* melalui pemanfaatan kembali limbah menjadi sumber energi terbarukan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan minyak jelantah ke saluran air dan tanah, tetapi juga mendukung pengurangan emisi GRK dan penguatan ketahanan energi lokal. Biodiesel berbasis minyak jelantah juga memiliki keunggulan dibandingkan biodiesel generasi pertama karena tidak memerlukan pembukaan lahan baru yang berpotensi menyebabkan deforestasi dan degradasi lingkungan.

Implementasi sistem pengumpulan minyak jelantah secara terintegrasi di wilayah DKI Jakarta juga menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan pengembangan biodiesel berbasis limbah domestik. Inisiatif pengumpulan minyak jelantah melalui SPBU Pertamina dan *used cooking oil collection point* menunjukkan bahwa keterlibatan pemerintah, industri, dan masyarakat sangat diperlukan dalam membangun rantai pasok biodiesel yang berkelanjutan. Menurut International Energy Agency (2023), pengembangan biofuel berbasis limbah domestik menjadi salah satu strategi utama dalam mendukung target *net-zero emission* sektor transportasi global.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biodiesel berbasis minyak jelantah tidak hanya layak secara teknis sebagai bahan bakar alternatif, tetapi juga memiliki manfaat lingkungan, ekonomi, dan keberlanjutan yang signifikan. Oleh karena itu, integrasi minyak jelantah

ke dalam program mandatori biodiesel nasional berpotensi menjadi salah satu strategi penting dalam mendukung transisi energi rendah karbon di Indonesia.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak jelantah dari rumah tangga di wilayah Jakarta Timur memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku biodiesel. Penggunaan minyak goreng secara berulang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas minyak yang ditandai dengan peningkatan kadar air dan asam lemak bebas (FFA), serta penurunan bilangan iodin. Meskipun demikian, seluruh sampel minyak jelantah masih layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel melalui proses transesterifikasi basa.

Kondisi optimum proses transesterifikasi diperoleh pada rasio minyak terhadap methanol 6:1, penggunaan katalis KOH sebesar 1%, suhu reaksi 70°C, dan kecepatan pengadukan 600 rpm dengan yield biodiesel tertinggi sebesar 90,42%. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu SNI 7182:2015 pada parameter utama seperti nilai kalor, viskositas, berat jenis, kandungan sulfur, angka setana, dan kestabilan oksidasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biodiesel minyak jelantah memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif yang layak digunakan pada sektor transportasi dan energi skala lokal.

Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) menunjukkan bahwa biodiesel berbasis minyak jelantah memiliki potensi dalam mendukung pengurangan emisi karbon di wilayah perkotaan. Pemanfaatan minyak jelantah juga memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan pencemaran limbah domestik serta mendukung konsep *circular economy* melalui pengolahan limbah menjadi energi terbarukan yang lebih berkelanjutan.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara analisis karakteristik minyak jelantah, kualitas biodiesel hasil transesterifikasi, dan estimasi emisi GRK berbasis wilayah perkotaan di DKI Jakarta. Pendekatan ini masih relatif terbatas dilakukan pada penelitian biodiesel di Indonesia, khususnya yang mengaitkan aspek kualitas bahan bakar dan dampak lingkungan secara simultan.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam mengembangkan sistem pengumpulan minyak jelantah secara terintegrasi serta mendukung implementasi program energi terbarukan berbasis limbah domestik. Selain itu, sektor industri dan usaha mikro pangan dapat memanfaatkan minyak jelantah sebagai sumber bahan baku biodiesel bernilai ekonomi sehingga mampu mendukung pengurangan limbah dan peningkatan nilai tambah ekonomi masyarakat.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan jenis sampel rumah tangga dan 3 jenis

Fairus, S., Asiah, N., Wijaya, T. S., dan Nurfadila, T. (2026). Analisis Degradasi Minyak Jelantah dan Dampaknya Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca dalam Produksi Biodiesel di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(2), 271-282, doi:10.14710/jil.24.2.271-282

pedagang makanan kaki lima, serta belum dilakukannya pengujian performa biodiesel pada mesin diesel secara langsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA), pengujian performa mesin diesel, serta evaluasi kelayakan ekonomi biodiesel minyak jelantah pada skala industri agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif terkait aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan.

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

- Aeni, N. (2020). Pengaruh Penggunaan Minyak Goreng Berulang Terhadap Kualitas Minyak dan Kesehatan. *Jurnal Teknologi Pangan Indonesia*, 11(2), 101-109.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM D613-18ae1: Standard test method for cetane number of diesel fuel oil*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2019). *ASTM D240-19: Standard test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2021). *ASTM D4294-21: Standard test method for sulfur in petroleum and petroleum products by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2022). *ASTM D4052-22: Standard test method for density, relative density, and API gravity of liquids by digital density meter*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2024). *ASTM D445-24: Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids*. ASTM International.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik konsumsi rumah tangga Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Cahyati, T., & Pujaningtyas, D. (2017). Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH. *Jurnal Teknologi Energi Terbarukan*, 6(2), 85-92.
- Channappagoudra, M., Ramesh, K., & Manjunatha, K. (2019). Optimization of transesterification process parameters for biodiesel production from waste cooking oil. *Renewable Energy*, 133, 1356-1364. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.082>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. (2020). *Pengelolaan Limbah Minyak Goreng untuk Kegiatan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Lingkungan dan Kebersihan*.
- Febijanto, I., Ulfah, F., Kusrestuwardhani, S., & Trihadi, S. E. Y. (2022). A review on used cooking oil as a sustainable biodiesel feedstock in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1063(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1063/1/012050>
- Gui, M. M., Lee, K. T., & Bhatia, S. (2008). Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *Energy*, 33(11), 1646-1653. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.06.002>
- International Energy Agency. (2023). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. IEA Publications.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Kristiana, T., Wibowo, A., & Haryanto, D. (2023). Pemanfaatan waste cooking oil sebagai bahan baku biodiesel ramah lingkungan. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 12(1), 45-53.
- Knothe, G., & Razon, L. F. (2017). Biodiesel fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58, 36-59. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.08.001>
- Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87(4), 1083-1095. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Omer, N., Elbashir, N., & Hassan, M. (2015). Effect of repeated frying on physicochemical properties of vegetable oils. *Food Chemistry*, 173, 1008-1015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.097>
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 167 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Limbah Minyak Goreng.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Putri, A. N., Raharjo, S., & Kurniawan, R. (2024). Karakteristik minyak jelantah usaha kuliner sebagai bahan baku biodiesel. *Jurnal Rekayasa Proses*, 18(1), 22-31.
- Rahman, M. A., Hossain, M. S., & Islam, M. T. (2023). Environmental performance assessment of waste cooking oil biodiesel production through life cycle analysis. *Renewable Energy*, 205, 1187-1198. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.056>
- Riyanti, F. (2012). Pengaruh viskositas biodiesel terhadap performa sistem injeksi mesin diesel. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(1), 45-52.
- Sarofa, U., Nurhayati, T., & Sari, D. P. (2020). Analisis bilangan iodin biodiesel berbasis minyak jelantah. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 31(2), 120-127.
- Silalahi, R., Sitorus, T., & Simanjuntak, F. (2017). Produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis NaOH. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(2), 17-24.
- Singh, D., & Hashmi, M. S. J. (2021). Characterization of vegetable oils and biodiesel fuels. *Fuel*, 287, 119566. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119566>
- Standar Nasional Indonesia. (1998). *SNI 01-3555-1998: Cara uji minyak dan lemak*. Badan Standardisasi Nasional.

- Standar Nasional Indonesia. (2015). *SNI 7182:2015: Biodiesel*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *SNI 7709:2019: Minyak goreng sawit*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Szybist, J. P., Song, J., Alam, M., & Boehman, A. L. (2005). Biodiesel combustion, emissions and emission control. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1109–1126.
<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.021>
- Widyarini, R. (2022). Analisis emisi gas rumah kaca biodiesel berbahan baku minyak jelantah di Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 455–468.
- Wirawan, S. S., Prakoso, T., & Nugroho, Y. (2023). Karakteristik mutu dan stabilitas oksidasi biodiesel berbasis minyak jelantah. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 19(2), 88–99.
- [Kementerian ESDM RI](#). (2025). *Wujudkan ketahanan energi dan kurangi impor, Menteri ESDM: Mandatori B40 berlaku 1 Januari 2025*.
- Zhang, Y., Li, X., & Chen, H. (2024). Urban waste cooking oil management and carbon emission reduction strategies in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 435, 140512.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140512>