

Pemanfaatan IoT untuk Optimasi Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Transportasi

Rendy Pramudia^{*1}, Naufal Haasyim Firmansyah², Muhammad Fathurriszqy³, Reni Rahmadewi⁴, Siswadi⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, 0267-641177/0267-641367

^{1,2,4} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Karawang

^{3,5} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Karawang

e-mail: ^{*1}rendypramudia82@gmail.com

Abstrak

Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil dan permasalahan limbah minyak jelantah mendorong pencarian alternatif energi yang lebih ramah lingkungan. Biodiesel dari minyak jelantah menjadi solusi potensial, tetapi efisiensi produksinya masih menjadi kendala. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat produksi biodiesel berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efektivitas produksi biodiesel, khususnya dalam sektor transportasi berbasis mesin diesel. Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan, yang meliputi identifikasi kebutuhan, analisis permasalahan, perumusan konsep desain, pemilihan komponen, dan penyusunan rancangan sistem. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor IoT untuk memantau parameter penting seperti suhu, pH, konsentrasi katalis, kecepatan pengadukan dan kejernihan biodiesel selama proses transesterifikasi secara real-time. Data yang diperoleh kemudian diolah untuk mengontrol proses produksi secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi biodiesel yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam produksi biodiesel mampu meningkatkan tingkat konversi minyak jelantah menjadi biodiesel hingga 40%, serta mengurangi konsumsi energi sebesar 25% dibandingkan metode konvensional. Biodiesel yang dihasilkan juga memenuhi standar kualitas bahan bakar, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif yang layak bagi kendaraan bermesin diesel. Dengan pendekatan ini, penelitian ini memberikan solusi inovatif untuk mendukung penggunaan energi terbarukan dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil di sektor transportasi. Selain memberikan manfaat ekonomi dengan menekan biaya produksi, sistem ini juga berkontribusi dalam pengelolaan limbah minyak jelantah dan pengurangan emisi karbon.

Kata kunci— Internet of Things, Biodiesel, Minyak Jelantah, Efisiensi Energi, Transportasi

Abstract

The high dependence on fossil fuels and the problem of used cooking oil waste encourage the search for more environmentally friendly energy alternatives. Biodiesel from used cooking oil is a potential solution, but its production efficiency is still an obstacle. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based biodiesel production tool to increase the effectiveness of biodiesel production, especially in the diesel engine-based transportation sector. The research method used is the design method, which includes identification of needs, analysis of problems, formulation of design concepts, selection of components, and preparation of system designs. The developed system uses IoT sensors to monitor important parameters such as temperature, pH, catalyst concentration, stirring speed and biodiesel clarity during the transesterification process in real-time. The data obtained is then processed to control the production process automatically, so as to improve the quality and efficiency of the biodiesel produced. The results show that the

application of IoT in biodiesel production can increase the conversion rate of used cooking oil into biodiesel by 40%, and reduce energy consumption by 25% compared to conventional methods. The biodiesel produced also meets fuel quality standards, so it can be used as a viable alternative for diesel vehicles. With this approach, this research provides an innovative solution to support the use of renewable energy and reduce dependence on fossil fuels in the transport sector. In addition to providing economic benefits by reducing production costs, the system also contributes to the management of used cooking oil waste and the reduction of carbon emissions.

Keywords— *Internet of Things, Biodiesel, Used Cooking Oil, Energy Efficiency, Transportation*

1. PENDAHULUAN

Krisis energi global dan perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca (GRK) merupakan tantangan utama di sektor energi dan lingkungan. Sektor transportasi memiliki emisi karbon dioksida yang signifikan karena penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan gas alam sebagai sumber energi utama. Karbon dioksida (CO₂) merupakan kontributor terbesar dalam perubahan iklim, dengan sektor transportasi menyumbang sekitar 27% dari total emisi CO₂ di Indonesia [1]. Oleh karena itu, sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

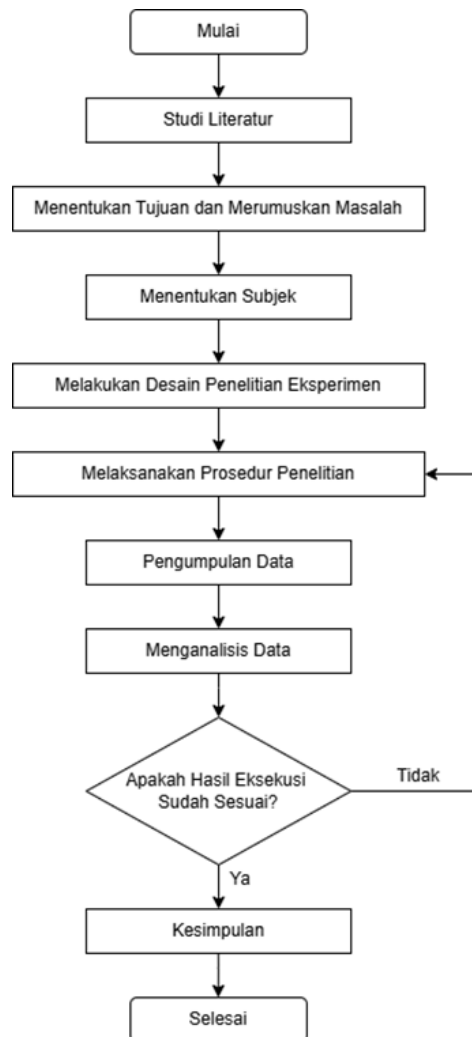
Salah satu solusi potensial untuk masalah ini adalah biodiesel, bahan bakar nabati yang dapat diproduksi dari minyak jelantah. Minyak jelantah yang merupakan produk limbah dari industri makanan dan rumah tangga memiliki potensi besar sebagai bahan baku biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah dan biaya produksinya yang relatif murah dibandingkan dengan bahan baku biodiesel lainnya [2]. Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel tidak hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan minyak jelantah, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi [3].

Namun, produksi biodiesel dari minyak jelantah masih menghadapi berbagai tantangan, seperti efisiensi proses konversi, kontrol kualitas, dan pemantauan produksi secara real-time. Dalam hal ini, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi biodiesel: IoT memungkinkan pemantauan dan kontrol otomatis terhadap proses produksi melalui sensor-sensor yang terhubung ke sistem berbasis cloud. Pemantauan ini memungkinkan akses yang mudah terhadap data suhu, tekanan, dan kualitas biodiesel secara real-time, sehingga memungkinkan optimalisasi produksi yang lebih akurat dan efisien [4].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi sistem berbasis IoT dalam industri energi terbarukan dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 30% dengan sistem kontrol otomatis yang mengoptimalkan reaksi transesterifikasi dalam produksi biodiesel [5]. Dengan adanya pemantauan parameter produksi yang lebih presisi, kualitas biodiesel yang dihasilkan menjadi lebih konsisten, sementara konsumsi energi dapat dikurangi [6]. Selain itu, integrasi teknologi ini mendukung pengembangan sistem energi yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan target *Net Zero Emission* yang dicanangkan pemerintah Indonesia pada tahun 2060 [7].

Berdasarkan permasalahan dan potensi yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem produksi biodiesel berbasis IoT guna meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi. Dengan demikian, inovasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya transisi energi menuju sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Flowchart Tahapan penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui studi literatur yang mencakup jurnal ilmiah, artikel, serta sumber informasi daring yang membahas biodiesel, minyak jelantah, dan teknologi *Internet of Things* (IoT). Fokus utama kajian literatur adalah pada optimasi produksi biodiesel menggunakan sistem berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi.

2.2 Alat dan Bahan

Tabel 1 material rangka mesin

SIFAT MEKANIK ALLOY STEEL		
Property	Value	Units
<i>Elastic Modulus</i>	2,10E+11	N/m ²
<i>Poisson's Ratio</i>	0,28	N/A
<i>Shear Modulus</i>	7,90E+10	N/m ²
<i>Mass Density</i>	7700,000118	Kg/m ³

<i>Tensile Strength</i>	723825617	N/m ²
<i>Yield Strength</i>	620421997,8	N/m ²
<i>Thermal Expansion Coefficient</i>	1,30E-05	/K
<i>Thermal Conductivity</i>	50	W/(m.K)
<i>Specific Heat</i>	460	J/(kg.K)

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan utama sebagai berikut:

1. Reaktor Biodiesel: Wadah utama untuk proses produksi biodiesel dari minyak jelantah. Reaktor ini dilengkapi dengan sensor suhu, pH, dan turbidity yang terhubung dengan sistem IoT untuk pemantauan dan pengendalian secara real-time.
2. Sensor IoT di Reaktor: Meliputi sensor suhu, sensor pH, dan sensor turbidity yang bertugas mengumpulkan data selama proses produksi berlangsung.
3. Sistem Pendukung Katalis: Alat yang berfungsi untuk menambahkan katalis kimia yang mempercepat proses transesterifikasi.
4. Pengaduk Reaktor: Menggunakan motor DC untuk memastikan campuran minyak jelantah dan katalis merata selama proses reaksi.
5. Heater Kompor: Sumber pemanas yang mempertahankan suhu optimal untuk mendukung reaksi transesterifikasi.
6. Sistem Monitoring IoT: Sistem yang menghubungkan sensor dengan platform berbasis cloud untuk pemantauan dan pengendalian parameter produksi secara real-time.
7. Koneksi Internet: Digunakan untuk mentransfer data dari sistem ke aplikasi pemantauan IoT.
8. Kontroler IoT: Menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang mengatur proses produksi secara otomatis berdasarkan data sensor.
9. Aplikasi *Smart Biodiesel*: Aplikasi berbasis smartphone yang memungkinkan pengguna untuk memantau, mengendalikan, dan mengelola proses produksi biodiesel dari jarak jauh.

2.3 Cara Pengolahan Data dan Analisis

1. Pengolahan Data

a. Persiapan

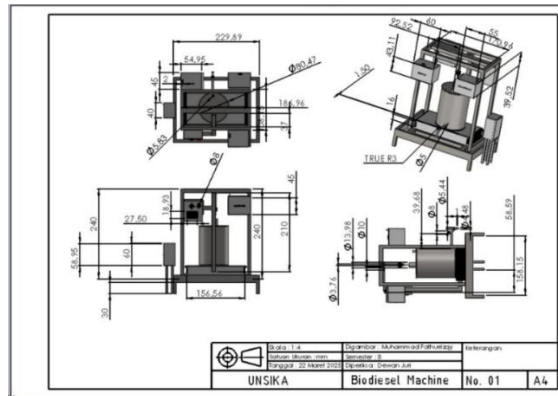
- 1) Mempersiapkan seluruh alat dan bahan penelitian.
- 2) Menyusun jadwal penelitian secara sistematis.
- 3) Menentukan dan mengatur lokasi penelitian.

b. Pelaksanaan

- 1) Mempersiapkan mesin *Smart Biodiesel*.
- 2) Melakukan uji coba pada mesin yang telah terintegrasi dengan aplikasi *Smart Biodiesel* untuk memastikan sistem berjalan dengan baik.

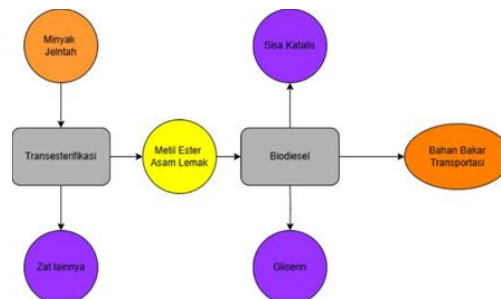
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rangkaian Alur sistem Mesin

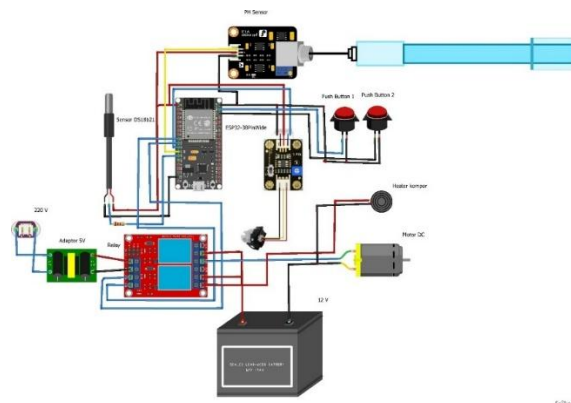


Gambar 2 spesifikasi ukuran mesin produksi Biodiesel dari minyak jelantah

Mesin ini dirancang otomatis untuk membuat biodiesel yg bersumber dari minyak jelantah dengan memanfaatkan *Internet of Things* dalam meningkatkan efisiensi Energi pada sektor Transportasi. Mesin ini menggunakan beberapa komponen dalam proses sistem beroperasinya. Berikut ini merupakan gambar dari blok diagram sistem Mesin produksi biodiesel menjadi minyak jelantah:



Gambar 3 Blok Diagram Sistem Biodiesel



Gambar 4 Rangkaian Alat Biodiesel

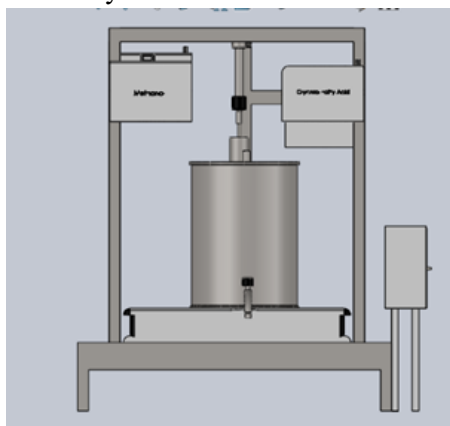
Integrasi rangkaian ini dengan sistem produksi biodiesel yang kami kembangkan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi biodiesel serta memastikan ketersediaan energi yang stabil dan berkelanjutan di sektor transportasi. Peneliti menggunakan mikrokontroler sebagai inti untuk proses input dan output alat. Dengan memantau kondisi proses produksi dan kualitas bahan baku minyak jelantah, sistem ini secara langsung mendukung peningkatan kualitas biodiesel yang dihasilkan, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan memastikan ketersediaan energi yang berkelanjutan.

Tabel 2 Diagram Blok input, proses dan output

Input	Proses	Output
Sensor Suhu DS18B20 Sensor PH (0161) Heater Kompor Arus Listrik (AC) & (DC)	ESP 32	Motor DC Tombol on/off Tombol pengatur suhu Layar Display → User Monitoring

Berdasarkan Diagram Blok di atas terdapat Input, Proses dan output pada bagian input, untuk langkah awal yaitu kadar PH dari minyak jelantah akan diterima oleh sensor PH SEN 0161, panasnya minyak jelantah akan diperoleh dari heater kompor, kekeruhan air menggunakan Sensor Turbidity SEN 0189 dan suhu minyak, air dan methanol akan diterima oleh sensor suhu DS18B20. Lalu, semuanya akan di proses datanya di ESP 32 untuk mengontrol semua sistem dan hasil datanya yaitu terdapat Motor DC, Tombol on/off, Tombol pengatur suhu dan Layar Display. ESP 32 akan memproses datanya ke-salah satu hasil datanya, sesuai dengan fungsi dari sensornya. Adapun fungsi dari sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu dari -55 derajat Celsius hingga 125 derajat Celsius akan dihubungkan oleh Layar Display sebagai monitoring dan tombol on/off. Sensor PH SEN 0161 akan dihubungkan dengan Layar Display sebagai monitoring dan tombol on/off, Heater kompor akan dihubungkan oleh Tombol on/off dan tombol pengatur suhu, Sensor Turbidity SEN 0189 akan dihubungkan oleh Layar Display sebagai monitoring dan tombol on/off. Sedangkan Arus Listrik (Ac) dan Arus Listrik DC yang akan menyalakan dan menghidupkan mesin tersebut.

3.2. Proses Implementasi keseluruhan system

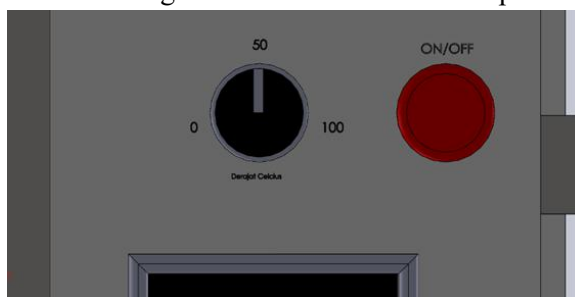


Gambar 5 Mesin produksi Biodiesel dari minyak jelantah

Implementasi dari mesin ini adalah dengan memanfaatkan kecepatan pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan daya tahan dalam mesin dan sistemnya yang otomatis untuk memudahkan masyarakat, operator atau karyawan di perusahaan maupun di industri dalam memproduksi biodiesel secara cepat dan akurat sesuai dengan yang diinginkan. Adapun cara kerjanya sebagai berikut:

A. Proses Awal: Pemanasan Minyak Jelantah

1. Sensor Suhu DS18B20:
 - a. Mengukur suhu minyak jelantah di dalam reaktor.
 - b. Jika suhu di bawah standar (misalnya 40°C - 45°C untuk reaksi transesterifikasi), ESP32 mengaktifkan heater kompor untuk menaikkan suhu.
 - c. Jika suhu melebihi batas yang diatur, heater otomatis mati.
2. Tombol Pengatur Suhu:
 - a. Digunakan untuk mengatur suhu sesuai kebutuhan proses.



Gambar 6 Tombol pengatur suhu on/off dan Layar Display

B. Kontrol Kualitas Minyak Jelantah

1. Sensor pH (SEN 0161):
 - a. Mengukur pH minyak jelantah setelah pemanasan.
 - b. Jika pH terlalu rendah (<4.5), ditambahkan larutan NaOH atau KOH secara manual untuk menetralkan asam lemak bebas agar reaksi tidak terganggu.
2. Sensor Turbidity SEN 0189:
 - a. Mengukur kejernihan minyak setelah proses pemanasan dan penyaringan.
 - b. Jika minyak terlalu keruh (banyak residu), ESP32 bisa memberikan notifikasi kepada pengguna untuk melakukan penyaringan tambahan.

C. Proses Transesterifikasi

1. Arus Listrik (AC) & Motor DC:
 - a. ESP32 mengaktifkan motor DC untuk mengaduk minyak dengan metanol + katalis (NaOH/KOH).
 - b. Proses ini dilakukan selama 30-60 menit pada suhu stabil (50°C).

D. Pemisahan Biodiesel dan Gliserol

1. Setelah proses pencampuran selesai, campuran didiamkan selama 8-12 jam untuk memisahkan biodiesel dan gliserol.
2. Sensor Turbidity dapat kembali digunakan untuk memeriksa apakah lapisan biodiesel sudah cukup jernih untuk diambil.

E. Monitoring & Kontrol IoT

1. ESP32 sebagai Pengendali Utama:

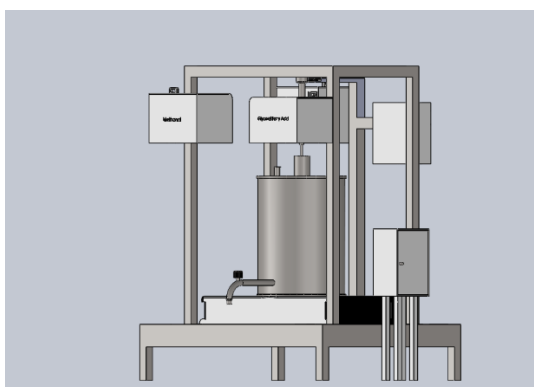
2. Mengambil data dari semua sensor (suhu, pH, turbidity).
3. Menampilkan data di layar Display.
4. Bisa dikendalikan secara jarak jauh via aplikasi IoT (Blynk, ThingsBoard, atau lainnya) agar pengguna dapat memantau dari jarak jauh.

3.3. Hasil Rancangan Mesin

Adapun hasil rancangan mesin produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis IoT, ada beberapa bentuk output yang bisa dibuat:

1. Diagram Blok Sistem → Menunjukkan hubungan antar sensor, aktuator, dan ESP32.
2. Skema Rangkaian Elektronik → Wiring antara komponen seperti sensor suhu, pH, motor, dan layar display.
3. Desain 3D Mesin → Visualisasi bentuk fisik mesin produksi biodiesel.
4. Flowchart Cara Kerja dan alur kerja → Diagram alur kerja sistem secara keseluruhan.

Berikut adalah gambar Desain 3D yang telah kami rancang:



Gambar 7 Mesin produksi Biodiesel dari minyak jelantah

Pemanfaatan biodiesel bertujuan untuk mendukung program pemerintah Indonesia dalam mengurangi pemakaian bahan bakar minyak (BBM). Dengan memanfaatkan minyak jelantah, hal ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2006, yang mengamanatkan pengurangan penggunaan bahan bakar minyak sebesar 20% dari total konsumsi energi nasional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam produksi biodiesel dari minyak jelantah memberikan kontribusi positif yang cukup signifikan, terutama dalam aspek efisiensi produksi dan kualitas biodiesel. Beberapa poin utama yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Peningkatan Efisiensi Produksi: Penggunaan sistem berbasis IoT memungkinkan peningkatan tingkat konversi minyak jelantah menjadi biodiesel hingga 40% dibandingkan dengan metode konvensional. Peningkatan ini dicapai melalui pemantauan dan pengendalian parameter produksi secara real-time seperti suhu, pH, konsentrasi katalis, dan kecepatan pengadukan.
2. Kualitas Biodiesel Terjamin: Biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar kualitas bahan bakar, termasuk parameter viskositas dan kandungan ester. Hal ini memastikan bahwa

biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan untuk mesin diesel.

3. Kontribusi Berkelanjutan: Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dalam proses produksi biodiesel dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, dan mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

5. SARAN

Berdasarkan temuan yang diperoleh, beberapa saran dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Ekspansi Skala Produksi: Penelitian ini masih terbatas pada skala laboratorium. Untuk penerapan yang lebih luas, perlu dilakukan uji coba pada skala produksi yang lebih besar, seperti di tingkat industri atau pabrik biodiesel.
2. Peningkatan Fitur IoT: Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada sistem IoT, seperti penambahan fitur prediksi kegagalan mesin (*predictive maintenance*) dan integrasi dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk analisis data yang lebih akurat dan mendalam.
3. Eksplorasi Katalis Alternatif: Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan katalis heterogen atau enzimatis yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam proses transesterifikasi.
4. Pemanfaatan Gliserol: Endapan Gliserol yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel dapat diolah lebih lanjut menjadi produk bernilai tambah seperti sabun atau bahan kimia lainnya. Hal ini dapat meningkatkan nilai ekonomi dari proses produksi biodiesel secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini, termasuk Universitas Singaperbangsa Karawang atas fasilitas dan dukungannya, serta tim editor jurnal MEKANOVA yang telah membantu dalam proses publikasi. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya pada sektor transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Indonesia Energy Outlook 2023, Jakarta: KESDM, 2023.
- [2] M. Nasikin, A. Setiawan, and T. Hidayat, "Utilization of used cooking oil for biodiesel production: A cost-effective approach," Indonesian Journal of Energy Research, vol. 9, no. 1, pp. 45-59, 2021.
- [3] L. Putri, M. Hanafiah, and R. Surya, "Environmental impact assessment of biodiesel from used cooking oil," International Journal of Green Technology, vol. 7, no. 4, pp. 30-47, 2022. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Roadmap to Net Zero Emission 2060, Jakarta: KESDM, 2022.
- [4] B. Santoso, H. Widodo, and F. Lestari, "Real-time monitoring of biodiesel production using IoT sensors," Asian Journal of Smart Agriculture and Renewable Energy, vol. 5, no. 2, pp. 55-70, 2023.
- [5] R. Fauzan, A. Prasetyo, and T. Wijaya, "Optimization of transesterification reaction in biodiesel production using IoT-based system," Renewable Energy Journal, vol. 45, no. 2, pp.

- 120-135, 2021.
- [6] D. Gunawan and N. Sari, "Energy efficiency improvement in biodiesel production through IoT-based monitoring," *Journal of Sustainable Energy*, vol. 10, no. 3, pp. 88-102, 2022.
 - [7] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), *Roadmap to Net Zero Emission 2060*, Jakarta: KESDM, 2022.
 - [8] M. A. Khan, I. U. Khan, and M. Safdar, "IoT-based smart monitoring and control system for biodiesel production," *Journal of Cleaner Production*, vol. 258, p. 120717, 2020.
 - [9] S. Kumar, J. Singh, and A. Nanoti, "Biodiesel production from waste cooking oil: A comprehensive review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 156, p. 111945, 2022.
 - [10] H. C. Ong, W. H. Chen, A. Farooq, Y. Y. Gan, K. T. Lee, and V. Ashokkumar, "Catalytic transesterification of waste cooking oil for biodiesel production: A review," *Energy Conversion and Management*, vol. 244, p. 114460, 2021.
 - [11] D. Singh, D. Sharma, S. L. Soni, and S. Sharma, "A review on biodiesel production, combustion, performance, and emission characteristics of non-edible oils," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, p. 110217, 2021.
 - [12] Z. Yaakob, M. Mohammad, M. Alherbawi, Z. Alam, and K. Sopian, "Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 108, pp. 398-412, 2020.
-