

# Measurement of Used Cooking Oil Turbidity Using TCS3200 Color and Turbidity Sensors

## Alat Ukur Kejernihan Minyak Jelantah Menggunakan Sensor Warna TCS dan Sensor Kekeruhan

Putri Yuniar<sup>1)</sup>, Syamsudduha Syahrerini<sup>2)</sup>, Akhmad Ahfas<sup>3)</sup>, Shazana Dhiya Ayuni<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: syahrerini@umsida.ac.id

**Abstract.** *Used cooking oil is a waste product from frying that has the potential to be reused, but its quality needs to be monitored to ensure its suitability for use. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based used cooking oil quality monitoring system with turbidity (NTU) and color (RGB) parameters. The system uses a turbidity sensor and a TCS3200 color sensor integrated with an ESP32 microcontroller and the Blynk IoT platform for real-time data monitoring. Testing was conducted on used cooking oil before and after microfiltration and transesterification using ethanol and methanol with varying concentrations and temperatures. The results showed that the system was able to read NTU and RGB values stably and consistently and detect changes in oil characteristics at each treatment stage. The turbidity value decreased from 203–206 NTU to 184–188 NTU in the best treatment, namely 2% methanol transesterification at a temperature of 50 °C. Although NTU measurements in oil have limitations, this system is effective as a relative indicator of changes in waste oil quality through a combination of turbidity and color parameters.*

**Keywords** - used cooking oil; Internet of Things; turbidity sensor; color sensor; ESP32

**Abstrak.** *Minyak jelantah merupakan limbah hasil penggorengan yang berpotensi dimanfaatkan kembali, namun kualitasnya perlu dipantau untuk menjamin kelayakan penggunaan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kualitas minyak jelantah berbasis Internet of Things (IoT) dengan parameter kekeruhan (NTU) dan warna (RGB). Sistem menggunakan sensor kekeruhan dan sensor warna TCS3200 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 serta platform Blynk IoT untuk pemantauan data secara real-time. Pengujian dilakukan pada minyak jelantah sebelum dan sesudah mikrofiltrasi serta transesterifikasi menggunakan etanol dan metanol dengan variasi konsentrasi dan suhu. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu membaca nilai NTU dan RGB secara stabil dan konsisten serta mendeteksi perubahan karakteristik minyak setiap tahapan perlakuan. Nilai kekeruhan menurun dari 203–206 NTU menjadi 184–188 NTU pada perlakuan terbaik, yaitu transesterifikasi metanol 2% pada suhu 50 °C. Meskipun pengukuran NTU pada minyak memiliki keterbatasan, sistem ini efektif sebagai indikator relatif perubahan kualitas minyak jelantah melalui kombinasi parameter kekeruhan dan warna.*

**Kata Kunci** - minyak jelantah; Internet of Things; sensor kekeruhan; sensor warna; ESP32

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan minyak kelapa sawit secara berlebihan dapat menghasilkan limbah berupa minyak bekas pakai yang dikenal sebagai minyak jelantah [1]. Untuk mengurangi dampak tersebut, perlu adanya upaya pemanfaatan kembali minyak jelantah menjadi produk yang lebih bermanfaat, salah satunya adalah biodiesel[2].

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan[3]. Salah satu keunggulannya adalah emisi gas buangnya yang lebih bersih dibandingkan solar. Secara fisik, biodiesel punya karakteristik yang mirip dengan solar. Tetapi, secara kimia ada perbedaan antara keduanya [4].

Salah satu upaya pengembangan biodiesel yang saat ini banyak dilakukan adalah dengan memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku[3][5]. Pada penelitian sebelumnya telah berhasil memproduksi biodiesel dengan bahan baku utama minyak jelantah. Meski demikian, sistem produksi ini masih dilakukan secara manual. Selain itu, tingkat kekeruhan biodiesel yang dihasilkan belum dapat diukur secara tepat, sehingga belum dapat digunakan sebagai dasar penetapan standar kualitas biodiesel[6].

Seiring perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring dan otomasi dapat diterapkan pada proses produksi biodiesel [7]. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem monitoring berbasis ESP32 yang dilengkapi sensor warna TCS3200 dan sensor kekeruhan serta terintegrasi dengan platform Blynk. Sistem ini memungkinkan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

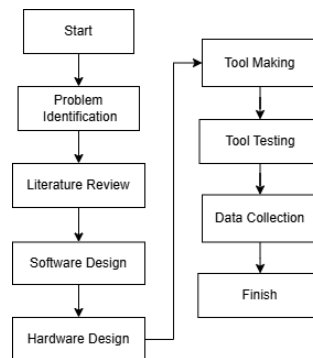
Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

pemantauan perubahan warna dan tingkat kekeruhan biodiesel secara real time melalui aplikasi smartphone dan penyimpanan data ke Google Sheets [8]. Sehingga mendukung efisiensi proses dan standarisasi kualitas biodiesel dari minyak jelantah [9].

## II. METODE

Metode yang digunakan yaitu metode penelitian R&D (Research and Development). Research and Development adalah proses atau tahapan yang bertujuan untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada[19].

### A. Diagram Alur Pelaksanaan



**Gambar 1.** Diagram Alur Pelaksanaan

Pada Gambar 1 menunjukkan blok diagram dengan identifikasi masalah untuk menentukan fokus kajian, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur guna mengkaji teori serta penelitian terdahulu sebagai dasar perancangan sistem, pemilihan metode, dan analisis hasil. Berdasarkan kajian tersebut, dilakukan tahap perancangan alat yang mencakup pemilihan serta perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem monitoring. Selanjutnya, pada tahap pembuatan alat, sistem direalisasikan menggunakan sensor warna TCS3200, sensor kekeruhan, mikrokontroler ESP32, serta integrasi dengan platform Blynk IoT dan Google Sheets. Alat yang telah dirakit kemudian melalui tahap pengujian untuk memastikan seluruh komponen dan sistem bekerja sesuai fungsinya. Tahap akhir adalah pengambilan dan analisis data yang dilakukan berdasarkan hasil pemantauan kinerja alat selama pengujian.

### B. Perangkat Lunak

penyusunan program yang berfungsi untuk mengendalikan serta mengoperasikan sistem monitoring kejernihan minyak jelantah berbasis IoT. Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah sebagai berikut:

#### a. Arduino IDE

Arduino IDE berfungsi sebagai alat pengembangan, pemrograman, dan pengujian sistem mikrokontroler, sehingga sangat penting dalam pembuatan alat. Dalam pengujian ini Arduino digunakan untuk memantau output sensor pada serial monitor.

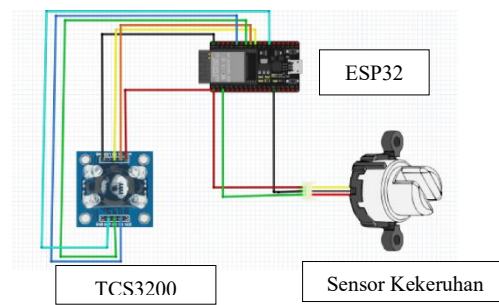
#### b. Blynk IoT

Blynk merupakan platform IoT yang mempermudah pembuatan sistem kendali jarak jauh serta tampilan antarmuka untuk memantau dan mengendalikan sistem elektronika berbasis Internet of Things melalui perangkat Android maupun iOS[20][21]. Dengan *widget* yang telah dipasang, sensor-sensor yang terhubung ke *Blynk* dapat diaktifkan dan dimonitor secara real-time melalui perangkat seluler.

#### c. Google Sheets

Google Sheets berfungsi sebagai aplikasi pengolah data berbasis spreadsheet yang digunakan untuk mengelola, menyimpan, dan menganalisis data secara daring.

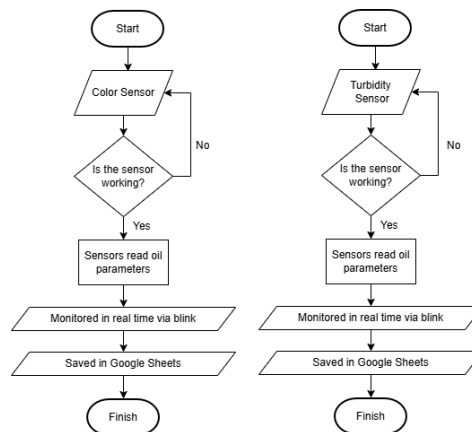
### C. Desain Perangkat Keras



**Gambar 2.** Desain Perangkat Keras

Gambar 2. Menunjukkan perancangan wiring alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler ESP32, dimana sensor warna TCS3200 terhubung ke pin digital ESP32 (GPIO4, GPIO5, GPIO18, GPIO19, dan GPIO21) untuk kontrol filter warna dan pembacaan pulsa frekuensi, sedangkan sensor kekeruhan terhubung ke pin analog GPIO36 untuk membaca nilai ADC, dengan kedua sensor menggunakan sumber daya VCC (3.3 V) dan ground yang sama dari ESP32.

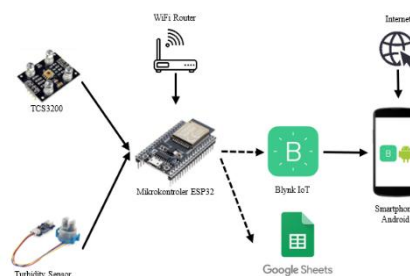
### D. Flowchart



**Gambar 3.** Flowchart

Proses dimulai dengan menyalakan sistem. Pada tahap ini, mikrokontroler ESP32 akan menjalankan instruksi awal yang telah diprogram di Arduino IDE. Kemudian proses inialisasi sensor warna dan sensor kekeruhan, jika sudah berfungsi sensor akan membaca parameter minyak yang terpantau secara real time menggunakan Blynk IoT dan tersimpan di Google Sheets.

### E. Perancangan Alat



**Gambar 4.** Perancangan Alat

Gambar 4. menunjukkan arsitektur sistem monitoring kualitas minyak jelantah berbasis IoT, di mana sensor warna TCS3200 dan sensor kekeruhan membaca parameter warna (RGB) dan kekeruhan (NTU) minyak. Data sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan melalui jaringan WiFi ke platform Blynk IoT untuk ditampilkan secara real-time pada smartphone, serta disimpan ke Google Sheets sebagai media pencatatan data.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan minyak jelantah hasil penggorengan ayam, telur, tahu, dan tempe yang telah digunakan sebanyak sepuluh kali dengan minyak jelantah yang telah melalui proses mikrofiltrasi dan transesterifikasi. Proses mikrofiltrasi dilakukan menggunakan kertas saring berpori 25 $\mu$ m, sedangkan proses transesterifikasi menggunakan alkohol metanol dan etanol dengan beberapa variasi kondisi, yaitu metanol 1% pada suhu 50 °C, metanol 2% pada suhu 50 °C, serta etanol 2% pada suhu 65 °C. Setiap variasi perlakuan dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan dengan volume sampel minyak sebesar 200 mL pada setiap percobaan.

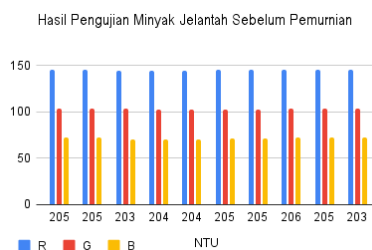
#### A. Pengujian Minyak Jelantah Sebelum Pemurnian

Pada tabel ini menyajikan hasil pengujian sensor pada minyak jelantah bekas penggorengan ayam, telur, tahu, dan tempe yang telah digunakan sebanyak sepuluh kali pemakaian dengan sepuluh kali percobaan untuk melihat konsistensi pembacaan sensor. Hasil Pengujian Minyak Sebelum Pemurnian

**TABEL 1. HASIL PENGUJIAN MINYAK SEBELUM PEMURNIAN**

Percobaan ke-	NTU	R	G	B
1	205	146	104	72
2	205	146	104	72
3	203	144	104	70
4	204	145	102	70
5	204	145	102	70
6	205	146	103	71
7	205	146	103	71
8	206	146	104	72
9	205	146	104	72
10	203	146	104	72

Pada Tabel 1, nilai kekeruhan minyak goreng bekas berada dalam rentang 203–206 NTU. Untuk parameter warna, nilai rata-rata R berada dalam rentang  $\pm$ 145, G sekitar  $\pm$ 103, dan B sekitar  $\pm$ 71, yang menunjukkan bahwa minyak goreng bekas cenderung berwarna coklat gelap sebelum proses pemurnian, sehingga belum memenuhi persyaratan sebagai bahan baku biodiesel.



**Gambar 5.** Grafik Hasil Pengujian Minyak Jelantah Sebelum Pemurnian

Berdasarkan Gambar 5, grafik menunjukkan kestabilan nilai NTU dan RGB sepanjang eksperimen. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca parameter kekeruhan dan warna secara akurat secara berulang-ulang.

#### B. Pengujian Dengan Mikrofiltrasi

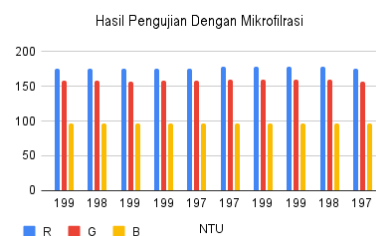
Pada tabel ini menyajikan hasil pengujian sensor pada minyak jelantah setelah melalui proses mikrofiltrasi dengan sepuluh kali percobaan untuk melihat konsistensi pembacaan sensor.

**TABEL 2. HASIL PENGUJIAN DENGAN MIKROFILTRASI**

Percobaan ke-	NTU	R	G	B
---------------	-----	---	---	---

1	199	176	158	96
2	198	176	158	96
3	199	175	157	97
4	199	176	158	96
5	197	176	158	96
6	197	178	159	97
7	199	178	159	97
8	199	178	159	97
9	198	178	159	97
10	197	175	157	97

Nilai kekeruhan minyak yang telah melalui proses mikrofiltrasi berada dalam rentang 197–199 NTU, menunjukkan penurunan kekeruhan dibandingkan dengan minyak goreng bekas sebelum pemurnian. Untuk parameter warna, nilai rata-rata R berada dalam rentang  $\pm 170$ , G sekitar  $\pm 155$ , dan B sekitar  $\pm 95$ , yang menunjukkan bahwa warna minyak menjadi lebih cerah. Hasil ini menunjukkan bahwa proses mikrofiltrasi mampu meningkatkan karakteristik fisik minyak bekas, meskipun nilai NTU masih relatif tinggi akibat keterbatasan pengukuran pada sampel berbasis minyak. Proses ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan baku yang cocok untuk biodiesel.



**Gambar 6.** Grafik Hasil Pengujian Dengan Mikrofiltrasi

Berdasarkan Gambar 5, grafik menunjukkan kestabilan nilai NTU dan RGB sepanjang eksperimen. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca parameter kekeruhan dan warna secara akurat secara berulang-ulang.

### C. Pengujian Dengan Etanol 2% 65°C

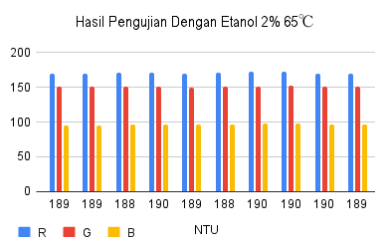
Pada tabel ini menyajikan hasil pengujian sensor pada minyak jelantah setelah melalui proses transesterifikasi menggunakan etanol 2% pada suhu 65 °C dengan sepuluh kali percobaan untuk melihat konsistensi pembacaan sensor.

**TABEL 3.** HASIL PENGUJIAN DENGAN ETANOL 2% 65°C

Percobaan ke-	NTU	R	G	B
1	189	170	151	95
2	189	170	151	95
3	188	171	151	96
4	190	171	151	96
5	189	170	150	96
6	188	171	151	96
7	190	172	151	98
8	190	172	152	98
9	190	170	151	96
10	189	170	151	96

Pada Tabel 3. nilai kekeruhan minyak berada dalam rentang 188–190 NTU, menunjukkan penurunan kekeruhan dibandingkan dengan hasil mikrofiltrasi. Untuk parameter warna, nilai rata-rata R berada dalam rentang  $\pm 168$ , G sekitar  $\pm 152$ , dan B sekitar  $\pm 98$ , menunjukkan bahwa minyak tampak lebih cerah. Hasil ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi dengan 2% etanol pada 65°C dapat meningkatkan karakteristik fisik minyak goreng bekas, meskipun

nilai NTU masih relatif tinggi akibat batasan pengukuran pada sampel berbasis minyak. Proses ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan baku yang cocok untuk biodiesel.



**Gambar 7.** Grafik Hasil Pengujian Dengan Etanol 2% 65°C

Berdasarkan Gambar 5, grafik menunjukkan kestabilan nilai NTU dan RGB sepanjang eksperimen. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca parameter kekeruhan dan warna secara akurat secara berulang-ulang.

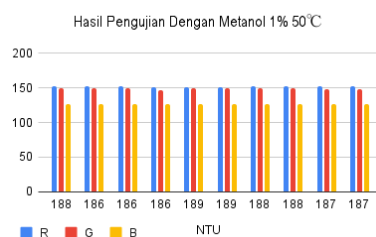
#### D. Pengujian Dengan Metanol 1% 50°C

Pada tabel ini menyajikan hasil pengujian sensor pada minyak jelantah setelah melalui proses transesterifikasi menggunakan metanol 1% pada suhu 50 °C dengan sepuluh kali percobaan untuk melihat konsistensi pembacaan sensor.

**TABEL 4.** HASIL PENGUJIAN DENGAN METANOL 1% 50°C

Percobaan ke-	NTU	R	G	B
1	188	152	149	127
2	186	152	149	127
3	186	152	149	127
4	186	151	147	126
5	189	151	149	127
6	189	151	149	127
7	188	152	149	127
8	188	152	149	127
9	187	153	148	126
10	187	153	148	126

Pada Tabel 4, nilai kekeruhan minyak berkisar antara 186 hingga 189 NTU, menunjukkan penurunan kekeruhan dibandingkan dengan tahap sebelumnya. Untuk parameter warna, nilai rata-rata R berkisar  $\pm 150$ , G sekitar  $\pm 145$ , dan B sekitar  $\pm 125$ , menunjukkan bahwa warna minyak menjadi lebih cerah. Hasil ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi menggunakan 1% metanol pada suhu 50°C dapat meningkatkan karakteristik fisik minyak goreng bekas, meskipun nilai NTU masih relatif tinggi akibat keterbatasan metode pengukuran pada sampel berbasis minyak. Proses ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan baku yang cocok untuk biodiesel.



**Gambar 8.** Grafik Hasil Pengujian Dengan Metanol 1% 50°C

Berdasarkan Gambar 8, grafik menunjukkan kestabilan nilai NTU dan RGB sepanjang eksperimen. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca parameter kekeruhan dan warna secara akurat secara berulang-ulang.

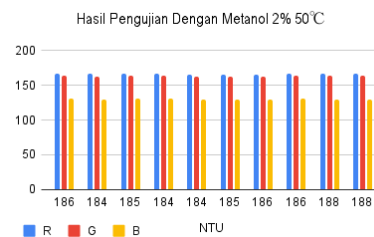
### E. Pengujian Dengan Metanol 2% 50°C

Pada tabel ini menyajikan hasil pengujian sensor pada minyak jelantah melalui proses transesterifikasi menggunakan metanol 2% 50°C berdasarkan sepuluh kali percobaan untuk melihat konsistensi pembacaan sensor.

**TABEL 5.** HASIL PENGUJIAN DENGAN METANOL 2% 50°C

Percobaan ke-	NTU	R	G	B
1	186	167	164	131
2	184	167	163	130
3	185	167	164	131
4	184	167	164	131
5	184	166	163	130
6	185	166	163	130
7	186	166	163	130
8	186	167	164	131
9	188	167	164	129
10	188	167	164	129

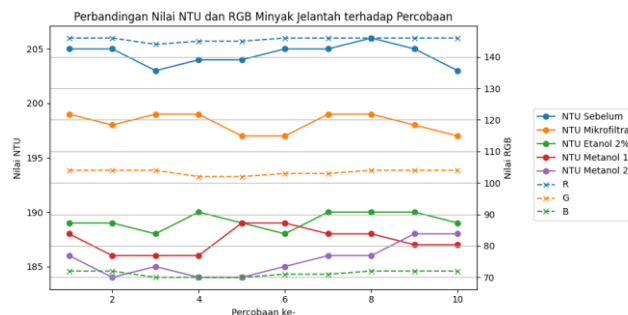
Pada Tabel 5, nilai kekeruhan minyak berkisar antara 184 hingga 188 NTU, menunjukkan penurunan kekeruhan dibandingkan dengan minyak sebelum pemurnian. Untuk parameter warna, nilai rata-rata R berkisar antara  $\pm 160$ , G sekitar  $\pm 150$ , dan B sekitar  $\pm 135$ , menunjukkan warna minyak yang lebih cerah. Hasil ini menunjukkan bahwa transesterifikasi menggunakan 2% metanol pada 50°C dapat meningkatkan karakteristik fisik minyak goreng bekas, meskipun nilai NTU masih relatif tinggi akibat batasan pengukuran pada sampel berbasis minyak. Proses ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan yang sesuai.



**Gambar 9.** Grafik Hasil Pengujian Dengan 2% 50°C

Berdasarkan Gambar 9, grafik menunjukkan kestabilan nilai NTU dan RGB sepanjang eksperimen. Konsistensi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca parameter kekeruhan dan warna secara akurat secara berulang-ulang.

### F. Grafik Perbandingan



**Gambar 10.** Grafik Perbandingan

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan nilai kekeruhan dan warna minyak jelantah pada setiap percobaan untuk tiga kondisi yaitu, sebelum perlakuan, setelah mikrofiltrasi, dan setelah transesterifikasi. Secara umum, NTU sebelum perlakuan memiliki nilai paling tinggi (sekitar 203–206 NTU), menandakan minyak paling keruh. Setelah mikrofiltrasi, nilai NTU menurun (197–199 NTU), dan paling rendah terjadi setelah transesterifikasi (185–189 NTU) yang menunjukkan minyak paling jernih, khususnya pada konsentrasi 2% pada suhu 50 °C dengan nilai 184 NTU dan nilai RGB (184, 166, 130).

### G. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat monitoring memiliki kinerja yang stabil dan konsisten. Hal ini ditunjukkan oleh nilai NTU dan RGB yang relatif seragam pada setiap pengulangan percobaan, sehingga menunjukkan bahwa sensor memiliki kestabilan yang baik. Pada minyak jelantah sebelum pemurnian, sensor membaca nilai NTU tertinggi dan intensitas warna RGB terendah, yang menunjukkan kondisi minyak masih gelap dan keruh. Setelah mikrofiltrasi, terjadi penurunan NTU dan peningkatan RGB, menandakan sensor mampu mendeteksi perubahan kejernihan akibat berkurangnya partikel padat.

Nilai NTU terendah diperoleh pada proses transesterifikasi menggunakan metanol 2% pada suhu 50 °C, disertai nilai RGB yang paling stabil dan cerah. Berdasarkan kinerja alat, minyak hasil mikrofiltrasi sudah layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel awal, sedangkan minyak hasil transesterifikasi khususnya dengan metanol 2% merupakan kondisi paling layak. Kelayakan ini didasarkan pada penurunan kekeruhan dan peningkatan kecerahan warna yang mengindikasikan berkurangnya pengotor fisik serta peningkatan kualitas minyak, sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa minyak jelantah yang telah dimurnikan dan ditransesterifikasi dapat dimanfaatkan sebagai biodiesel [22].

Meskipun secara visual minyak tampak lebih jernih, nilai NTU yang terbaca masih relatif tinggi karena metode pengukuran kekeruhan berbasis air kurang sesuai untuk sampel minyak [23]. Oleh karena itu, alat lebih tepat digunakan sebagai indikator perubahan relatif kualitas minyak dengan mengombinasikan parameter kekeruhan dan warna.

## VII. SIMPULAN

Sistem monitoring kualitas minyak jelantah berbasis IoT berhasil mengintegrasikan sensor kekeruhan dan sensor warna TCS3200 dengan mikrokontroler ESP32 untuk pengambilan data secara real-time. Alat menunjukkan kinerja yang stabil dan konsisten dalam mendeteksi perubahan kualitas minyak berdasarkan parameter NTU dan RGB pada setiap tahap proses. Minyak sebelum pemurnian memiliki nilai NTU tertinggi dan RGB terendah, sedangkan mikrofiltrasi dan transesterifikasi menurunkan kekeruhan serta meningkatkan kecerahan warna. Kondisi terbaik diperoleh pada transesterifikasi dengan metanol 2% pada suhu 50 °C, menghasilkan nilai NTU terendah (186) dan RGB paling stabil (167,164,131), sehingga paling layak sebagai biodiesel. Meskipun pengukuran NTU masih dipengaruhi keterbatasan metode berbasis air pada sampel minyak, sistem efektif sebagai indikator perubahan relatif kualitas minyak jelantah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan arahan, bantuan, serta masukan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini juga didukung oleh program Riset BIMA Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) sebagai bagian dari pendanaan dan fasilitasi kegiatan penelitian.

## REFERENSI

- [1] D. A. Fithry, Bode Haryanto, Naia Salsa Billah, Astrina Hutabarat, and Hidayat Prayogo, "Pengaruh Perbedaan Ukuran dan Massa Adsorben Pelepah Sawit Teraktivasi dalam Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Metode Shaker," *J. Surya Tek.*, vol. 10, no. 2, pp. 935–940, 2023, doi: 10.37859/jst.v10i2.6779.
- [2] R. Efendi, H. A. N. Faiz, and E. R. Firdaus, "Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*,

- no. 7182, pp. 402–409, 2018.
- [3] K. Suryatini and N. Milati, “Pemanfaatan Potensi Minyak Goreng Bekas (Jelantah) sebagai Biodiesel,” *J. Edukasi Mat. dan Sains*, vol. 12, no. 1, pp. 54–62, 2023.
- [4] M. Huda, F. A. Soelistianto, and N. Suharto, “Telemonitoring Based Waste Cooking Oil Quality Detection and Sorting System,” *J. Jartel J. Jar. Telekomun.*, vol. 12, no. 4, pp. 265–269, 2022, doi: 10.33795/jartel.v12i4.516.
- [5] R. T. Setiadi and N. P. Miefthawati, “Analisis Potensi Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Produksi Biodiesel di Kota Pekanbaru,” *JEEERE Indones. J. Electr. Eng. Renew. Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 70–79, 2023.
- [6] J. TI, “Halaman Sampul,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, 2020, doi: 10.36294/jurti.v4i1.1334.
- [7] S. Dawitra, “Internet Of Things Memasuki Era Society 5.0,” *KITEKTRO J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 31–5, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/28578/17882>
- [8] M. D. Ramadhan, A. Wisaksono, J. Jamaaluddin, and A. Ahfas, “Prototype Of Moisture Content Meter In Grain Using Esp32 Based On Spreadsheet,” *J. Comput. Networks, Archit. High Perform. Comput.*, vol. 6, no. 2, pp. 502–513, 2024, doi: 10.47709/cnahpc.v6i2.3530.
- [9] Nur Asma Deli and Nina Veronika, “Pemurnian Minyak Goreng Bekas Dengan Adsorben Ampas Tebu Untuk Pembuatan Biodiesel,” *J. Sipil Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 75–89, 2023, doi: 10.58169/jusit.v1i2.273.
- [10] M. B. ULUM, S. D. Ayuni, J. Uddin, and A. H. Falah, “Bangun Sistem Celengan Pintar Pengendali Jaringan Listrik Berbasis Mikrokontroler,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5611.
- [11] F. B. Alamsah and S. Syahririni, “Selection Of Tomato Fruits by Color and Size Based on Arduino,” *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, no. December, 2023, doi: 10.21070/pels.v3i0.1345.
- [12] B. S. Kusumaraga, S. Syahririni, D. Hadidjaja, and I. Anshory, “Aquarium Water Quality Monitoring Based On Internet Of Things,” *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.966.
- [13] P. Negeri and T. Laut, “Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor,” vol. 5, no. June, pp. 13–18, 2022.
- [14] C. Breschi *et al.*, “Quality of veiled olive oil: Role of turbidity components,” *Ital. J. Food Sci.*, vol. 33, no. 3, pp. 33–46, 2021, doi: 10.15586/ijfs.v33i3.2077.
- [15] M. Hariq Musyaffa, I. Santosa, N. Prianto, A. Fikri, and J. Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Tanjungkarang, “Analisis Kinerja Membran Mikrofiltrasi Terhadap Penurunan Angka Coliform Di Instalasi Pengolahan Air Limbah Abstract: Analysis of the Performance of Microfiltration Membranes for the Reduction of Coliform Bacteria in the Wastewater Treatment Plant,” *MJ (Midwifery Journal)*, vol. 4, no. 4, pp. 137–142, 2024.
- [16] D. Oleh, H. Purnama Putra, Me. Tatang Shabur Julianto, Ss. MSi, and E. Siswoyo, “TUGAS AKHIR KINERJA BATCH REAKTOR BIODIESEL PADA MINYAK JELANTAH DENGAN UJI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS KALSIUM OKSIDA (CaO) Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan,” 2022.
- [17] N. Aziezah, W. Sholihah, I. Novianty, M. Romadhona, and A. Mardiyono, “Sipekernik: Sistem Pemantau Kekeruhan Air dan Pengairan pada Akuaponik Menggunakan Sensor Turbidity, LDR dan Water Level,” *JTIM J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 4, no. 4, pp. 261–271, 2023, doi: 10.35746/jtim.v4i4.324.
- [18] R. N. Hidayat and Supatman, “Perancangan Sistem Deteksi Kekeruhan Air pada Akuarium Ikan Arwana Berbasis IoT,” *Konstelasi Konvergensi Teknol. dan Sist. Inf.*, pp. 391–401, 2020.
- [19] F. Abdi Slamet, *MODEL PENELITIAN PENGEMBANGAN (R n D)*. 2022.
- [20] I. Novy Hapsari, ST. MSc., Ir. Tita Aisyah, MT, “Pemanfaatan Sistem IoT Berbasis ESP32 Untuk Remote Control Pada Inkubator Tempe,” no. Nidn 0309096602, pp. 1–24, 2023.
- [21] A. F. Perangin Angin, M. Bernandos, B. W. B. Boling, H. H. A. Naufal, I. S. Antaribaba, and K. J. S. L. W. Wati, “Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu dan Air Conditioner Berbasis Blynk,” *SKY EAST Educ. Aviat. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 212–223, 2024, doi: 10.61510/skyeast.v2i2.38.
- [22] V. Issue, D. A. Fithry, B. Haryanto, D. P. Siregar, and F. Albanna, “JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Natural Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan Operasi Shaker,” vol. 8, no. 4, pp. 3971–3978, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i4.49413.
- [23] B. G. B. Kitchener, J. Wainwright, and A. J. Parsons, “A review of the principles of turbidity measurement,” *Prog. Phys. Geogr.*, vol. 41, no. 5, pp. 620–642, 2017, doi: 10.1177/0309133317726540.

#### **Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.