JREEC
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Sistem Kualitas Minyak Goreng Menggunakan Sensor Gas, Sensor Warna Dan Sensor Kekeruhan Dengan Algoritma *Fuzzy Gaussian Bell*

Alan Wisnuati[1], Kukuh Setyadjit[2], dan Lutfi Agung Swarga[3]

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya[1,2,dan3]

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 06 Nomer 2026, April 2026

Halaman:
58 – 65
Tanggal Terbit :
30 April 2026

DOI:
10.31284/j.JREEC.2026.v61i1.86

ABSTRACT

Cooking oil that has been used multiple times will undergo a decline in its quality, which can be indicated by shifts in its color, scent, and cloudiness. This research established a system for monitoring the quality of cooking oil utilizing three sensors: a TGS gas sensor, a TCS3200 color sensor, and a turbidity sensor based on LED-LDR. Data from these sensors was analyzed through a Gaussian Bell fuzzy algorithm that incorporated three inputs (gas, color, turbidity) and produced one output (quality categorized as good, medium, or bad). Investigations were carried out on three different brands of oil with five kinds of frying, including chicken, eggs, tofu, tempeh, and eggplant. The findings demonstrated that the system was capable of effectively identifying variations in the quality of the oil. The results were exhibited on an LCD display and through a Python graphical user interface. This system presents a potential alternative method for evaluating cooking oil quality in a more objective manner.

Keywords: *Cooking Oil, Color Sensor, Fuzzy Gaussian Bell, Gas Sensor, Turbidity Sensor.*

EMAIL

wisnuati80@gmail.com[1]
kukuhsetyadjit@gmail.com[2]
lutfiagung@untag-sby.ac.id[3]

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Minyak yang dipakai berkali-kali akan mengalami penurunan mutu, yang terlihat dari perubahan warna, bau, dan tingkat kekeruhan. Penelitian ini merancang sebuah sistem pemantauan untuk kualitas minyak goreng dengan memanfaatkan tiga jenis sensor: gas TGS, sensor warna TCS3200, dan sensor kekeruhan berbasis LED-LDR. Data yang diperoleh dari sensor diolah menggunakan algoritma *Gaussian Bell fuzzy* dengan tiga *input* (gas, warna, dan kekeruhan) serta satu *output* (kualitas: baik, sedang, buruk). Uji coba dilakukan pada tiga merek minyak dengan lima jenis masakan (ayam, telur, tahu, tempe, dan terong). Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengidentifikasi perubahan mutu minyak dengan efisien. Nilai hasil ditampilkan melalui layar LCD dan antarmuka pengguna grafis Python. Sistem ini bisa menjadi alternatif dalam menilai kualitas minyak goreng secara lebih obyektif.

Kata kunci: *Fuzzy Gaussian Bell*, Minyak Goreng, Sensor Gas, Sensor Kekeruhan, Sensor Warna.

PENDAHULUAN

Minyak goreng adalah bahan makanan yang sangat sering dimanfaatkan oleh warga Indonesia dalam beragam cara memasak. Selain bertindak sebagai alat untuk menghantarkan panas saat menggoreng, minyak juga memiliki fungsi krusial bagi kesehatan, seperti menjadi sumber

tenaga serta pelarut untuk vitamin A, D, E, dan K. Dalam penerapannya, orang-orang menggunakan aneka jenis minyak, mulai dari yang dikemas hingga minyak bekas yang biasanya dipakai kembali demi efisiensi [1].

Penggunaan minyak goreng yang sama berulang kali atau minyak bekas sering kali menjadi perilaku yang biasa, terutama di rumah tangga dan bisnis makanan. Namun, tindakan ini bisa menurunkan mutu minyak dengan drastis. Pemanasan yang dilakukan secara berkala dapat memicu proses oksidasi serta kerusakan senyawa dalam minyak, yang mengakibatkan munculnya zat-zat berbahaya yang dapat memengaruhi kesehatan. Ciri-ciri dari kondisi ini terlihat dari perubahan warna, bau, serta peningkatan kekeruhan minyak.

Dampak dari penggunaan minyak jelantah terhadap kesehatan tidak bisa diabaikan. Kandungan zat berbahaya seperti peningkatan nilai peroksida dapat memunculkan berbagai masalah kesehatan, termasuk meningkatnya risiko karsinoma dan masalah pencernaan seperti diare. Di samping itu, perubahan karakteristik fisik minyak juga menjadi indikator penting dalam mengevaluasi tingkat kerusakan minyak akibat penggunaan berulang [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang dapat mengukur kualitas minyak secara objektif dan tepat.

Dengan kemajuan teknologi, penggunaan sensor telah menjadi salah satu alternatif untuk secara otomatis mendeteksi kualitas bahan makanan. Dalam studi ini, diterapkan kombinasi sensor gas (TGS) untuk menangkap perubahan aroma, sensor warna (TCS rakitan) untuk mengenali perubahan warna, serta sensor kekeruhan berbasis LED-LDR untuk menilai tingkat kejernihan minyak. Penggabungan ketiga sensor ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi minyak yang lebih menyeluruh dibandingkan dengan metode observasi manual.

Data yang dikumpulkan dari sensor selanjutnya diproses menggunakan algoritma logika *fuzzy* dengan pendekatan *Gaussian Bell Membership Function*. Metode ini dipilih karena karakteristik kurvanya yang lebih halus dan fleksibel dibandingkan dengan fungsi keanggotaan segitiga atau trapesium, sehingga dapat lebih akurat dalam menggambarkan variasi data sensor. Hasil dari proses pengolahan data kemudian dikategorikan ke dalam klasifikasi kualitas minyak, yaitu baik, sedang, dan buruk.

Sistem yang dirancang tidak hanya terfokus pada akuisisi dan pengolahan data, tetapi juga pada penyajian informasi yang dapat dikenali dan dimengerti oleh pengguna. Klasifikasi hasil ditampilkan melalui LCD serta antarmuka berbasis GUI Python dalam format data numerik dan visualisasi grafik. Dengan cara ini, diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi alternatif yang praktis, objektif, dan dapat diterapkan dalam pemantauan kualitas minyak goreng, sekaligus memberikan kontribusi bagi kemajuan teknologi dalam sektor pangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler yang memanfaatkan ATmega 2560 sebagai otak sistem, memiliki banyak pin I/O serta kapasitas memori yang tinggi, memungkinkannya untuk mengintegrasikan sejumlah sensor dan aktuator dalam satu rangkaian [3].

Sensor TCS3200

Sensor warna TCS3200 adalah perangkat yang dapat mendeteksi warna, dilengkapi dengan chip TCS3200 untuk mengendalikan 4 LED RGB serta satu LED putih. TCS3200 mampu mengenali dan mengukur berbagai warna secara luas [4].

Sensor Gas TGS2600

Sensor TGS2600 ialah sensor gas jenis semikonduktor yang berbasis *Metal Oxide Semiconductor* (MOS) yang dirancang untuk mendeteksi gas dengan konsentrasi rendah, seperti hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), propana (C_3H_8), serta asap dari rokok [5].

Sensor Kekeruhan (*Turbidity*)

Sensor Kekeruhan adalah alat optik yang diciptakan untuk menentukan tingkat kekeruhan dalam minyak. Alat ini bekerja dengan memancarkan cahaya inframerah ke dalam minyak dan mengidentifikasi perubahan dalam intensitas cahaya akibat hamburan dari partikel terlarut.

Perubahan intensitas cahaya ini diubah menjadi sinyal analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler melalui ADC, lalu diolah menjadi satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) sebagai ukuran kekeruhan air [6].

Logika *Fuzzy*

Logika *Fuzzy* merupakan metode yang efektif untuk mengonversi ruang input menjadi ruang output. Ini adalah teori himpunan logika yang dikembangkan untuk menangani nilai yang berada di antara kebenaran (*true*) dan kesalahan (*false*) [7].

Algoritma *Fuzzy Gaussian Bell*

Algoritma *Fuzzy Gaussian Bell* adalah salah satu teknik dalam sistem logika *fuzzy* yang mengaplikasikan fungsi keanggotaan berbentuk kurva *Gaussian* (lonceng) untuk menggambarkan himpunan *fuzzy*. Fungsi ini sering digunakan karena sifatnya yang halus (*smooth*), kontinu, dan mampu mencerminkan transisi nilai keanggotaan secara alami pada data yang tidak pasti [8].

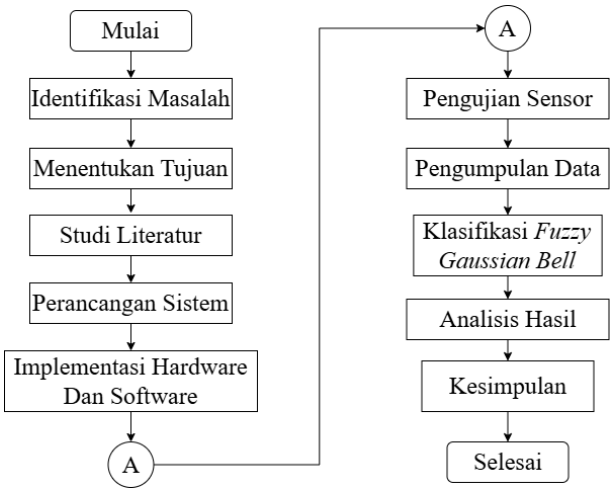
***Liquid Crystal Display* (LCD) 16x4**

LCD 16x4 adalah modul tampilan yang berbasis pada teknologi kristal cair yang sering dimanfaatkan dalam sistem mikrokontroler untuk menyajikan informasi dalam bentuk teks atau karakter [9].

Minyak Goreng Kelapa Sawit

Minyak goreng dari kelapa sawit merupakan jenis minyak nabati yang dihasilkan melalui proses pengolahan buah kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) [10]. Minyak goreng dari kelapa sawit banyak dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga dan industri makanan akibat harganya yang terjangkau, ketersediaannya yang melimpah, serta memiliki titik asap yang tinggi, sehingga aman digunakan untuk menggoreng pada suhu tinggi [11].

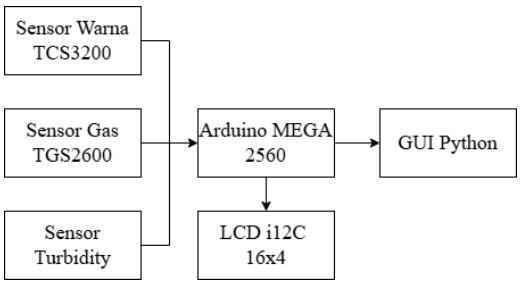
METODE



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Sumber : *Data Primer*

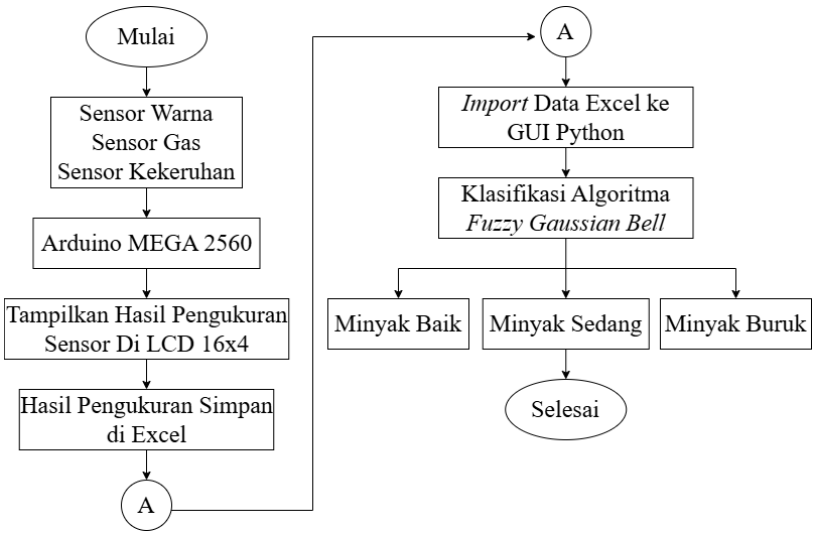
Penelitian ini menerapkan pendekatan observasi dan analisis data melalui langkah-langkah terstruktur yang meliputi identifikasi serta pemecahan masalah, penetapan tujuan, kajian literatur, hingga desain dan pengembangan sistem yang menggunakan sensor gas, warna, dan kekeruhan dengan pendekatan *Fuzzy Gaussian Bell*. Sistem ini selanjutnya diuji, dianalisis, dan dievaluasi untuk memastikan efektivitas serta ketepatan dalam mengenali kualitas minyak goreng sebelum mencapai kesimpulan akhir.



Gambar 2. Diagram Blok

Sumber : *Data Primer*

Diagram blok menggambarkan bahwa sistem ini menggabungkan berbagai sensor dengan mikrokontroler Arduino dan algoritma *Fuzzy Gaussian Bell* untuk memproses data dan mengukur serta menampilkan kualitas minyak goreng dengan metode yang tepat.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Sumber : *Data Primer*

Sistem diawali dengan pembacaan dari sensor warna, gas, dan kekeruhan yang kemudian dikelola oleh Arduino, ditampilkan pada LCD, serta direkam dalam format data untuk analisis lebih lanjut di antarmuka GUI Python. Data tersebut selanjutnya diklasifikasikan dengan menggunakan algoritma Fuzzy Gaussian Bell untuk mengategorikan kualitas minyak menjadi baik, cukup, atau buruk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor



Gambar 4. Pengujian Sensor Warna a) Merah b) Hijau c) Biru d) Putih e) Kuning

Sumber : *Data Diolah*

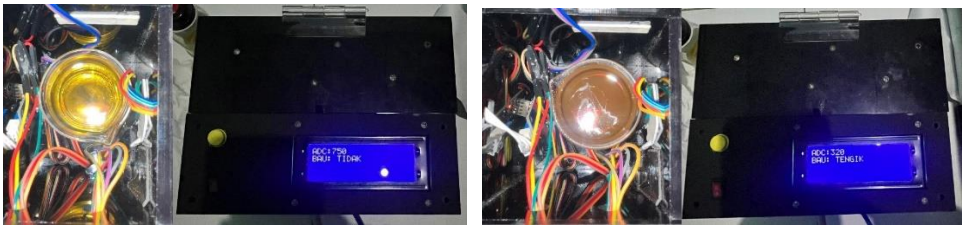
Hasil dari uji coba mengindikasikan bahwa sensor TCS3200 dapat mengenali warna dengan tepat, sehingga cocok dipakai untuk mengklasifikasikan mutu minyak goreng.



Gambar 5. Pengujian Sensor *Turbidity* (Kekeruhan) a) Minyak Jernih b) Minyak Sedang c) Minyak Keruh

Sumber : *Data Diolah*

Uji coba memperlihatkan bahwa sensor kekeruhan dapat secara konsisten dan sensitif mendeteksi penurunan kejernihan minyak, sehingga dapat diandalkan sebagai tolok ukur dalam pengklasifikasian kualitas minyak goreng.



Gambar 6. Pengujian Sensor Gas a) Minyak Jernih b) Minyak Jelantah

Sumber : *Data Diolah*

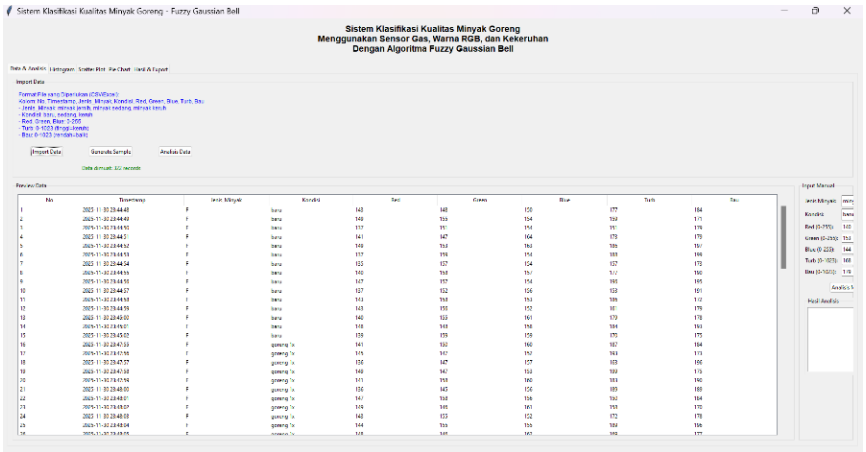
Berdasarkan temuan dari pengujian, sensor gas TGS2600 berhasil membedakan aroma antara minyak baru dan minyak jelantah dengan efektif.

Pengujian Sistem Akusisi data

Hasil pengujian sistem akuisisi data menunjukkan bahwa sensor, Arduino, dan Python dapat berfungsi dengan baik melalui komunikasi serial, sehingga memungkinkan data pengukuran ditampilkan dalam waktu nyata serta direkam secara otomatis. Seluruh informasi dapat disimpan dalam file Excel dengan format yang terstruktur, sehingga siap digunakan untuk analisis dan klasifikasi kualitas minyak goreng.

Pengujian Program GUI Python

Uji coba GUI Python dilakukan untuk memastikan aplikasi mampu membaca data dari file Excel, memberikan visualisasi, dan melakukan klasifikasi kualitas minyak dengan menggunakan metode *Fuzzy Gaussian Bell*. GUI yang dibuat dengan Tkinter bertindak sebagai komponen terakhir dari sistem dengan antarmuka berbasis tab, yang memudahkan proses analisis serta interpretasi data.



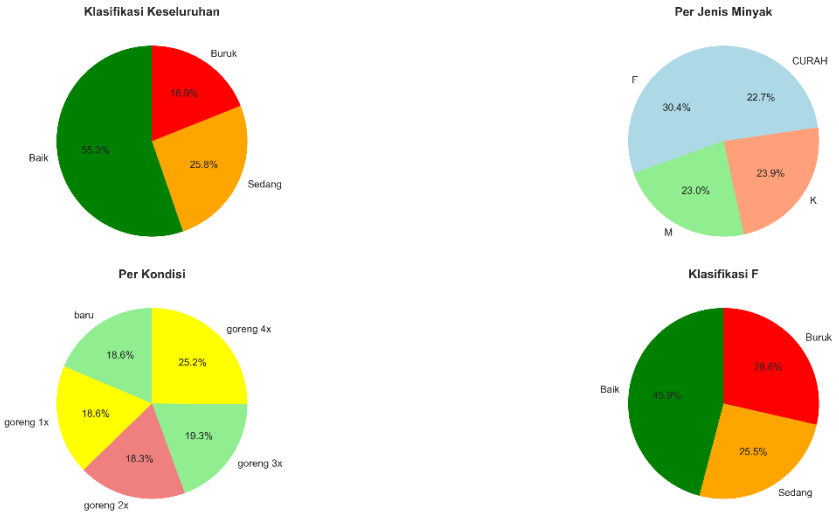
Gambar 7. Tampilan GUI Python Fitur *Import* Data

Sumber : *Data Diolah*

Pengujian Metode *Fuzzy Gaussian Bell*

Uji coba metode *Fuzzy Gaussian Bell* menunjukkan bahwa sistem dapat memproses data sensor (warna, kekeruhan, dan bau) secara konsisten melalui langkah fuzzifikasi, agregasi aturan, dan defuzzifikasi. Setiap nilai sensor dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan *Gaussian* dengan parameter rata-rata (c) dan deviasi standar (σ) untuk menghasilkan tingkat keanggotaan dalam kategori baik, sedang, dan buruk. Hasil dari fuzzifikasi kemudian digabungkan menggunakan aturan *fuzzy* dan dihitung menjadi skor akhir dengan metode rata-rata tertimbang (*centroid*). Dari contoh perhitungan, sistem menghasilkan skor sekitar 56,67 yang tergolong dalam kategori sedang, sehingga menunjukkan bahwa metode ini efektif merepresentasikan kondisi kualitas minyak dengan halus, fleksibel, dan sesuai dengan variasi data sensor.

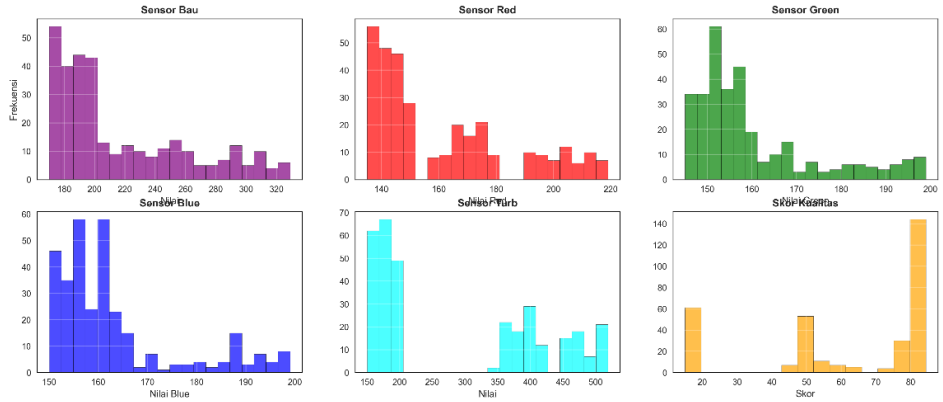
Pengujian Klasifikasi Kualitas Minyak



Gambar 8. *Pie Chart*

Sumber : *Data Diolah*

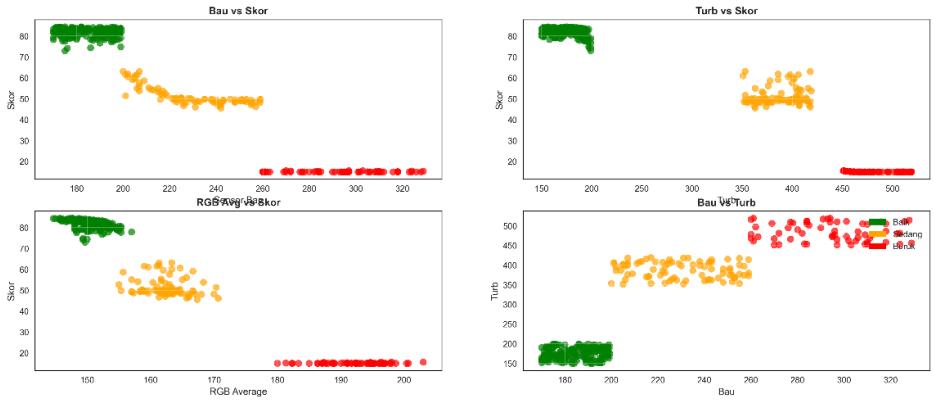
Sebagian besar minyak masih dalam keadaan baik (71,7%), tetapi kualitasnya menurun seiring pemakaian hingga kategori buruk mulai mendominasi setelah penggunaan goreng 4 kali.



Gambar 9. Grafik Distribusi Sensor

Sumber : *Data Diolah*

Data menunjukkan bahwa perubahan pada nilai RGB, kekeruhan, dan bau dengan jelas menggambarkan penurunan kualitas minyak dari baik menjadi buruk.



Gambar 10. *Scatter Plot*

Sumber : *Data Diolah*

Scatter plot menunjukkan bahwa ada peningkatan kekeruhan dan bau menyusul penurunan RGB, yang menyebabkan data terbagi dalam kluster antar kategori meski tidak sepenuhnya jelas.

Tabel 1. Distribusi Kategori Kualitas

Kategori	Jumlah	Persentase
Baik	178	55.3%
Sedang	83	25.8%
Buruk	61	18.9%
Total	322	100%

Sumber : *Data Diolah*

Kebanyakan minyak yang dianalisis masih dapat digunakan, tetapi persentase kategori Buruk cukup signifikan untuk minyak yang digunakan selama ≥3x.

Tabel 2. Statistik Skor *Fuzzy Gaussian Bell*

Parameter	Nilai
Rata-rata skor	61.26
Standar deviasi	25.84
Skor minimum	15.00
Skor maksimum	84.43

Sumber : *Data Diolah*

Variasi skor yang lebar dan rata-rata di tengah mengindikasikan adanya perbedaan kualitas minyak yang bervariasi serta penyebaran data yang terbilang seimbang.

Tabel 3. Rata – Rata Per Jenis Minyak

Jenis Minyak	Rata-Rata Skor	Jumlah Sampel	Catatan
Merek K	66.4	77	Degradasi paling lambat
Merek M	68.1	74	Kualitas paling stabil
Filma (F)	54.7	98	Mulai menurun pada 3× ke atas
Curah	57.7	73	Penurunan paling cepat

Sumber : *Data Diolah*

Minyak kemasan (M dan K) lebih stabil, Filma menunjukkan performa baik, sedangkan minyak curah paling cepat mengalami kemunduran kualitas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pelaksanaan, dan pengujian, sistem pemantauan kualitas minyak goreng berhasil menggabungkan sensor warna, kekeruhan, dan bau berbasis Arduino dengan antarmuka Python yang mampu membaca, mencatat, dan menyimpan data secara *real-time* ke dalam Excel dengan baik. Setiap sensor menunjukkan respons yang stabil terhadap perubahan kondisi

minyak, terlihat dari penurunan nilai RGB, peningkatan kekeruhan, dan peningkatan sinyal bau seiring dengan frekuensi pemakaian. Metode *Fuzzy Gaussian Bell* mampu mengolah data menjadi skor dan kategori kualitas (baik, sedang, buruk) secara fleksibel dan sesuai dengan keadaan nyata. Secara keseluruhan, sistem ini memiliki tingkat akurasi klasifikasi sekitar ±89%, sehingga cukup dapat diandalkan sebagai alat untuk memeriksa kualitas minyak goreng.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ramdhana, D. D., Utaminingrum, F., dan Widasari, E. R. (2022). Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng Dengan Parameter Kecerahan dan Warna Menggunakan Metode *Random Forest*. *Jurnal Informatika dan Teknologi Elektro*. Vol 06. No 03. pp 190–197.

[2] Kustijono, J. C., Utaminingrum, F., dan Prasetio, B. H. (2022). Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Warna dan Kejernihan Menggunakan Metode *Naïve Bayes* Berbasis *Arduino Uno*. *Jurnal Pengukuran, Instrumentasi, dan Kontrol*. Vol 11. No 02. pp 87–94.

[3] Prasetyo, D. B., dan Kiswantono, A. (2025). Sinkronisasi dan *Monitoring* Generator dengan Pengendali Berbasis Arduino Mega 2560. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*. Vol 03. No 02. pp 163-170.

[4] Karlina, Diyajeng, L. (2025). *Design of Microcontroller-Based Color Detection Device*. *IJEEMCS : International Journal of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science*. Vol 02. No 3. pp 33-40.

[5] Furst, L. Feliciano, M. Frare, L. dan Igrejas, G. (2021). *A Portable Device for Methane Measurement Using a Low-Cost Semiconductor Sensor: Development, Calibration and Environmental Applications*. Vol 02. No. 01. pp 1-15.

[6] Rahmawati, N., & Siswanto, A. (2025). *Prototype System For Turbidity And Tds Measurement Of Refill Drinking Water Using Arduino Microcontroller*. *Jurnal Teknik*. Vol 11, No. 02. pp 45–52.

[7] Wahyuni, Indah. (2025). *Logika Fuzzy Tahani* (*Teori dan Implementasi*). Komojoyo Press.

[8] Huang, J., Lan, B., Huang, H., Huang, T., dan Chen, Y. (2026). *A Fuzzy Granular K-Means Clustering Method Driven by Gaussian Membership Functions*. *Mathematics Journal.* Vol 01. No. 04. pp 1-27.

[9] Artha, E. M., Priyadi, B., dan Palupi, L. N. (2022). Alat Pemotong Kaca Dengan Pola Gambar pada Proses Pembuatan Aquarium Menggunakan Mikrokontroller ATMega 2560. Vol 09. No. 01. pp 26-30.

[10] Dendi, D., Sugiarto, B., dan Wiharso, T. A. (2024). *Prototype* Alat Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Sensor TCS3200 dan Metode *Fuzzy Logic*. *Jurnal Teknologi dan Instrumentasi*. Vol 08. No. 02. pp 45–52.

[11] Pahlepi, M. R., Huda, N., Suroyo, H., dan Efendy, I. (2024). Implementasi *Multilayer Perceptron* untuk Mendeteksi Kelayakan Minyak Goreng. *Jurnal Sains Komputasi dan AI*. Vol 05. No. 01. pp 33–40.