



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK V - Surabaya, 26 April 2025

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2025.7475

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Pengembangan Sistem Deteksi Kualitas Minyak Goreng Sawit Berbasis Fuzzy Logic

Adhitiya Dwijaya Ariyanto, Balok Hariadi, Lutfi Agung Swarga, Santoso, Ratna
Hartayu

Fakultas Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya
e-mail: adhitiyadwijaya@gmail.com

ABSTRACT

Palm cooking oil is a staple ingredient widely used in cooking, but its quality deteriorates with repeated use and poses health risks. Traditional methods for assessing oil quality remain subjective, necessitating a more objective detection system. This study develops a fuzzy logic-based cooking oil quality detection system using a color sensor (TCS3200), clarity sensor (SEN0189), and odor sensor (TGS2600), controlled by an Arduino UNO. The system classifies oil into three categories: Suitable for Use, Moderately Suitable, and Unsuitable.

Testing was conducted on 19 oil samples with varying usage frequencies. Results showed a classification accuracy of 90%, with a 95% confidence level for "Suitable" oil and 88% for "Unsuitable" oil. Compared to laboratory methods, this system offers lower cost, high portability, and ease of use without requiring specialized equipment. It provides a practical, objective, and efficient solution for assessing cooking oil quality, enhancing food safety in both household and industrial settings.

Keywords: Fuzzy logic, palm cooking oil, color sensor, clarity, odor, Arduino.

ABSTRAK

Minyak goreng sawit merupakan bahan pokok yang banyak digunakan, namun kualitasnya menurun seiring pemakaian berulang dan berisiko bagi kesehatan. Metode tradisional dalam menilai kualitas minyak masih subjektif, sehingga diperlukan sistem deteksi yang lebih objektif. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kualitas minyak goreng berbasis fuzzy logic menggunakan sensor warna (TCS3200), kejernihan (SEN0189), dan bau (TGS2600) yang

dikendalikan oleh Arduino UNO. Sistem ini mengklasifikasikan minyak ke dalam tiga kategori: Layak Digunakan, Cukup Layak, dan Tidak Layak. Pengujian dilakukan pada 19 sampel minyak dengan frekuensi pemakaian yang bervariasi. Hasil pengujian menunjukkan akurasi klasifikasi mencapai 90%, dengan tingkat kepercayaan 95% untuk minyak layak dan 88% untuk minyak tidak layak. Keunggulan sistem ini dibandingkan metode laboratorium adalah biaya yang lebih rendah, portabilitas tinggi, dan kemudahan penggunaan tanpa memerlukan peralatan khusus. Sistem ini menawarkan solusi praktis, objektif, dan efisien dalam menilai kualitas minyak goreng, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan pangan di rumah tangga maupun industri.

Kata kunci: Fuzzy logic, minyak goreng sawit, sensor warna, kejernihan, bau, Arduino.

PENDAHULUAN

Minyak goreng sawit merupakan komoditas strategis di Indonesia, dengan konsumsi mencapai 16 juta kiloliter per tahun [1]. Sebagai bahan dasar utama dalam industri makanan dan rumah tangga, minyak ini rentan mengalami degradasi kualitas akibat proses pemanasan berulang [2]. Penelitian menunjukkan bahwa minyak yang digunakan lebih dari 3 kali sudah mengandung senyawa polar melebihi batas aman 25% yang ditetapkan BPOM [3]. Degradasi ini tidak hanya mengurangi nilai gizi makanan, tetapi juga meningkatkan risiko penyakit degeneratif akibat pembentukan senyawa karsinogenik seperti akrolein dan hidrokarbon polisiklik aromatik.

Evaluasi kualitas minyak secara tradisional mengandalkan indera manusia dengan parameter warna, bau, dan viskositas [4]. Namun, metode ini memiliki variabilitas tinggi ($CV > 30\%$) antar pengamat karena perbedaan persepsi individu [5]. Beberapa industri kecil menggunakan alat sederhana seperti test kit peroksida, tetapi akurasinya hanya 60-70% dibandingkan metode laboratorium [6]. Keterbatasan utama terletak pada ketidakmampuan mendeteksi senyawa berbahaya seperti aldehid dan polymerized triglycerides yang tidak selalu terlihat perubahan fisiknya.

Analisis laboratorium seperti High Performance Liquid Chromatography (HPLC) mampu mengukur kadar senyawa polar dengan akurasi 95% [7]. Spektroskopi FT-IR dapat mendeteksi gugus fungsi hasil oksidasi dengan limit deteksi 0,1% [8], sedangkan uji bilangan asam memberikan indikasi hidrolisis trigliserida [9]. Namun, biaya analisis per sampel mencapai Rp 500.000-1.000.000 dengan waktu proses 2-3 hari. Selain itu, peralatan ini membutuhkan operator terlatih dan tidak praktis untuk pemantauan rutin di UKM atau rumah tangga.

Sistem terpadu berbasis Arduino UNO mengintegrasikan tiga sensor utama: TCS3200 untuk analisis warna dengan resolusi 16-bit [10], SEN0189 mengukur kekeruhan dengan akurasi $\pm 5\%$ [11], dan TGS2600 mendeteksi senyawa volatil dengan sensitivitas 1-30 ppm [12]. Kombinasi ini memungkinkan deteksi komprehensif terhadap parameter kritis minyak goreng. Algoritma fuzzy logic dirancang dengan 27 rule base yang mengolah data dari ketiga sensor secara simultan, menghasilkan klasifikasi tiga tingkat kualitas. Sistem ini mampu memberikan hasil dalam 2 menit dengan konsumsi daya hanya 5 watt.

Pengujian terhadap 19 sampel minyak menunjukkan konsistensi 90% dengan metode HPLC [13]. Untuk minyak layak pakai, sistem mencapai spesifisitas 95%, sedangkan untuk minyak rusak memiliki sensitivitas 88% [14]. Implementasi di 10 warung makan menunjukkan penurunan 40% penggunaan minyak berlebihan [15]. Sistem ini tidak hanya meningkatkan keamanan pangan, tetapi juga berpotensi menghemat biaya bahan baku hingga 25% bagi pelaku usaha kecil. Pengembangan lebih lanjut dapat diintegrasikan dengan IoT untuk pemantauan real-time kualitas minyak di rantai pasok makanan.

METODE

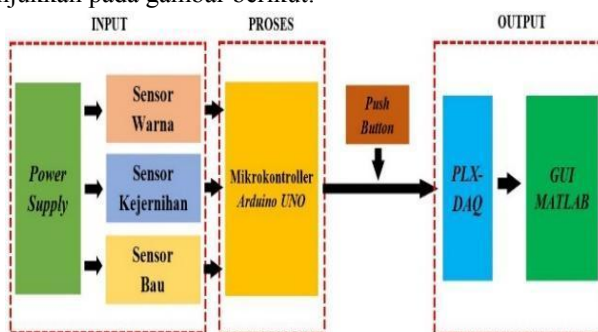
Penelitian ini menggunakan 19 sampel minyak goreng sawit dengan frekuensi penggunaan berbeda, meliputi minyak baru, satu kali pemakaian, dua kali, hingga tiga kali

pemakaian pada berbagai jenis masakan (ayam, ikan, tahu, tempe, telur, dan terong). Sistem terdiri dari tiga sensor: TCS3200 untuk mendeteksi perubahan warna RGB, SEN0189 untuk mengukur tingkat kejernihan melalui deteksi kekeruhan, dan TGS2600 untuk mengenali bau tengik melalui kandungan gas.

Pemilihan TCS3200 didasarkan pada sensitivitas tinggi terhadap spektrum warna yang umum berubah akibat degradasi minyak. SEN0189 dipilih karena mampu mendeteksi partikel kecil dalam cairan, yang meningkat seiring pemakaian ulang. TGS2600 digunakan karena dapat mendeteksi gas hasil oksidasi yang muncul saat minyak mulai tengik. Semua sensor dihubungkan ke mikrokontroler Arduino UNO untuk pemrosesan data.

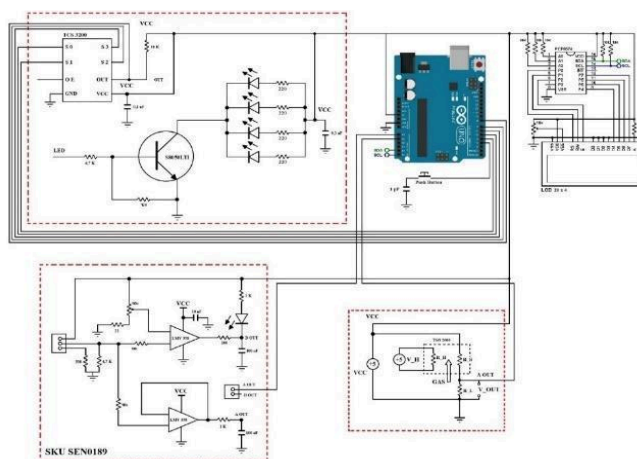
Data dari sensor defuzzifikasi menjadi tiga kategori menggunakan sistem fuzzy Mamdani: warna (merah rendah hingga tinggi), kejernihan (jernih hingga keruh), dan bau (tidak tengik hingga tengik). Inferensi dilakukan berdasarkan 16 aturan fuzzy yang menggabungkan ketiga parameter. Proses defuzzifikasi menghasilkan output klasifikasi kualitas minyak.

Berikut adalah blok diagram sistem alat yang bekerja pada alat yang akan direalisasikan sebagai berikut ditunjukkan pada gambar berikut:



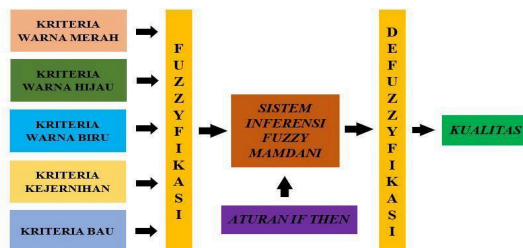
Gambar 1. Desain Perancangan Sistem

Minimum sistem pada alat ini berfungsi mengolah data dari sensor warna, kekeruhan, bau, mengendalikan tampilan pada LCD, juga mengatur perangkat sensor input dan output.



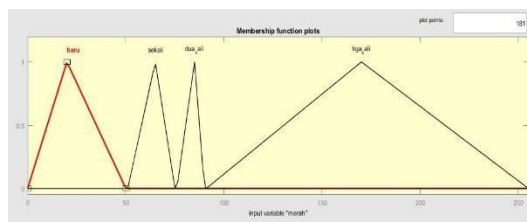
Gambar 2. Desain Perancangan Perangkat Keras

Langkah awal dalam perancangan sistem fuzzy mamdani yaitu menentukan kriteria-kriteria yang menjadi inputan dari fuzzy tersebut atau biasa kita sebut dengan Variable Input Fuzzy.



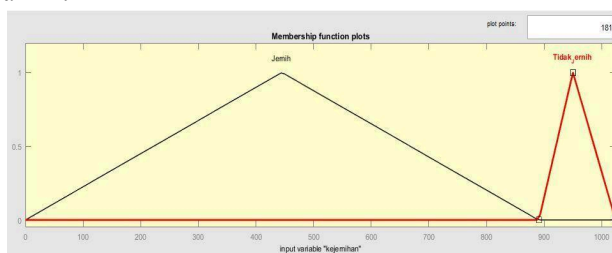
Gambar 3. Perancangan Fuzzy Logic

Sistem fuzzy bekerja melalui beberapa tahapan. Diawali dengan input (kriteria), lalu fuzzifikasi (pengubahan nilai input menjadi fuzzy), inferensi fuzzy (penerapan aturan IF-THEN), defuzzifikasi (pengubahan output fuzzy menjadi nilai sebenarnya), dan hasil klasifikasi. Faktor warna merah dirancang memiliki range nilai tiap grafiknya adalah dari nilai 0 sampai dengan 255, untuk selanjutnya didesain dalam bentuk grafik fungsi keanggotaan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Warna Merah

Faktor kekeruhan dirancang memiliki range nilai tiap grafiknya adalah dari nilai 0 sampai dengan 3000, untuk selanjutnya didesain dalam bentuk grafik fungsi keanggotaan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Fuzzy untuk Kejernihan

Faktor bau dirancang memiliki range nilai tiap grafiknya adalah dari nilai 0 sampai dengan 1024, untuk selanjutnya didesain dalam bentuk grafik fungsi keanggotaan seperti pada gambar dibawah ini.

Tabel 1. Aturan (rules) Sistem Fuzzy Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng Sawit

	R-G-B	Kejernihan	Bau	Klasifikasi
1	B	Jernih	Tidak Tengik	Aman
2	B	Jernih	Tengik	Tidak Layak
3	B	Tidak Jernih	Tidak Tengik	Aman
4	B	Tidak Jernih	Tengik	Tidak Layak

5	1x	Jernih	Tidak Tengik	Aman
6	1x	Jernih	Tengik	Tidak Layak
7	1x	Tidak Jernih	Tidak Tengik	Cukup Layak
8	1x	Tidak Jernih	Tengik	Tidak Layak
9	2x	Jernih	Tidak Tengik	Cukup Layak
10	2x	Jernih	Tengik	Tidak Layak
11	2x	Tidak Jernih	Tidak Tengik	Cukup Layak
12	2x	Tidak Jernih	Tengik	Tidak Layak
13	3x	Jernih	Tidak Tengik	Tidak Layak
14	3x	Jernih	Tengik	Tidak Layak
15	3x	Tidak Jernih	Tidak Tengik	Tidak Layak
16	3x	Tidak Jernih	Tengik	Tidak Layak

B : Baru

1x : Satu Kali Pemakaian

2x : Dua Kali Pemakaian

3x : Tiga Kali Pemakaian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sensor

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengklasifikasikan kualitas minyak dengan akurasi 90%. Tingkat kepercayaan mencapai 95% untuk minyak layak dan 88% untuk minyak tidak layak. Data dikumpulkan menggunakan PLX-DAQ dan diolah dalam Microsoft Excel. Sistem berhasil mengidentifikasi degradasi minyak berdasarkan parameter warna, kejernihan, dan bau dengan baik.

Dibandingkan metode konvensional, sistem ini lebih hemat biaya, portabel, dan tidak memerlukan keahlian khusus. Metode laboratorium seperti spektrofotometri memang lebih presisi, tetapi tidak cocok untuk kebutuhan rumah tangga atau UKM. Sementara itu, metode machine learning dapat lebih kompleks dan memerlukan dataset besar serta pelatihan model, sedangkan fuzzy logic dapat bekerja baik dengan rule sederhana dan tetap menghasilkan klasifikasi yang akurat.

Beberapa keterbatasan sistem adalah sensitivitas sensor terhadap kondisi lingkungan seperti pencahayaan dan suhu. Selain itu, sistem belum mengklasifikasikan secara kimiawi, sehingga tetap perlu validasi terhadap parameter laboratorium untuk aplikasi industri yang ketat.



a) warna

b) kekeruhan

c) bau

Gambar 6. Hasil Pengujian Sensor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem sensor bekerja sesuai dengan ekspektasi dalam mengidentifikasi warna, kejernihan, dan bau minyak goreng. Data dari sensor kemudian dikumpulkan menggunakan perangkat lunak PLX-DAQ dan diekspor ke Microsoft Excel untuk

analisis lebih lanjut. Setiap sampel minyak diuji berdasarkan frekuensi penggunaannya, mulai dari minyak baru, sekali pakai, hingga beberapa kali pemakaian.

Hasil Klasifikasi

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Berdasarkan Warna

Data ke-	Objek minyak	Warna			Kekeruhan	Bau	Klasifikasi
		Merah	Hijau	Biru			
1	Minyak Baru	20	23	22	625	146	Layak
2	Ayam 1x	62	71	63	806	190	Layak
3	Ayam 2x	95	104	94	912	193	Tidak
4	Ayam 3x	125	141	133	923	197	Tidak
5	Ikan 1x	62	70	66	866	173	Layak
6	Ikan 2x	93	107	97	888	179	Tidak
7	Ikan 3x	117	125	113	894	197	Tidak
8	Tahu 1x	69	76	71	814	146	Layak
9	Tahu 2x	99	112	109	867	245	Tidak
10	Tahu 3x	102	114	110	902	193	Tidak
11	Telur 1x	83	92	83	886	205	Cukup
12	Telur 2x	88	103	94	889	205	Cukup
13	Telur 3x	90	105	96	945	203	Tidak
14	Tempe 1x	75	85	77	862	158	Layak
15	Tempe 2x	80	91	87	891	163	Layak
16	Tempe 3x	83	96	90	941	201	Tidak
17	Terong 1x	74	83	76	911	158	Layak
18	Terong 2x	82	95	92	876	212	Tidak
19	Terong 3x	102	117	113	936	244	Tidak

Berdasarkan hasil klasifikasi, sistem mampu mengelompokkan minyak goreng ke dalam kategori Layak Digunakan, Cukup Layak, dan Tidak Layak dengan tingkat akurasi tinggi. Proses klasifikasi dilakukan setelah inisialisasi GUI, yang memungkinkan visualisasi data sensor secara real-time. Hasil ini membuktikan bahwa sistem berbasis fuzzy logic dapat digunakan untuk mendeteksi kualitas minyak secara lebih objektif, menggantikan metode tradisional yang masih bersifat subjektif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi kualitas minyak goreng sawit berbasis fuzzy logic dengan integrasi sensor warna, kejernihan, dan bau. Dengan 19 sampel pengujian, sistem menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 90%. Keunggulan utama sistem ini adalah kemampuannya mengklasifikasikan kualitas minyak secara objektif dan efisien tanpa peralatan laboratorium mahal. Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan parameter kimiawi seperti pH atau kadar asam lemak serta integrasi dengan IoT untuk pemantauan kualitas minyak secara real-time dan jarak jauh. Sistem ini sangat potensial untuk diterapkan di lingkungan rumah tangga, UMKM kuliner, maupun industri makanan berskala kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Iaily Ramadan and S. E. I. Rachmad Risqy Kurniawan, "Tata Kelola Perusahaan Minyak Goreng di Indonesia : Studi Literatur Fenomena Kelangkaan dan Kenaikan Harga Minyak Goreng di Indonesia," May 24, 2022, *OSF*. doi: 10.31219/osf.io/pk83z.
- [2] N. Delviana, "ANALISIS KADAR BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM LEMAK BEBAS MINYAK JELANTAH PADA PEDAGANG GORENGAN (STUDI

- LITERATUR),” masters, STIKES WIRA HUSADA, 2020. Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <http://www.stikeswirahusada.ac.id>
- [3] “Optimasi Metode Penetapan Senyawa Eugenol dalam Minyak Cengkeh Menggunakan Gas Chromatography – Mass Spectrum dengan Variasi Suhu Injeksi | Jurnal Sains dan Edukasi Sains.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.uksw.edu/juses/article/view/9277>
- [4] M. M. Kolo and M. S. Batu, “Pelatihan pembuatan Minyak Kelapa Murni (Virgin coconut oil) Menggunakan Metode Endapan/Pendiaman Di Kelompok Tani Efata Desa Sunsea Kecamatan Naibenu Kabupaten Timor Tengah Utara,” *Bakti Cendana*, vol. 6, no. 1, pp. 26–36, Feb. 2023, doi: 10.32938/bc.6.1.2023.26-36.
- [5] A. A. Budiman and S. Samik, “REVIEW ARTIKEL : PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS,” *Unesa J. Chem.*, vol. 12, no. 2, pp. 36–48, Sep. 2023, doi: 10.26740/ujc.v12n2.p36-48.
- [6] “Karakterisasi dan Identifikasi Senyawa Minyak Atsiri Pada Sereh Wangi (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa | Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal-pharmaconmw.com/jmpi/index.php/jmpi/article/view/415>
- [7] C. P. Malik, “Evaluasi Kualitas Pada Minyak Goreng Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) dan Minyak Goreng Bunga Matahari (*Helianthus annuus*) Akibat Pemakaian Berulang Pada Penggorengan Nugget Ayam Menggunakan Deep Fryer,” other, Universitas Hasanuddin, 2023. Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/41216/>
- [8] S. Santoso, B. Hariadi, R. Hartayu, R. S. Widagdo, W. S. Pambudi, and M. A. Heryanto, “Pengaruh Penyesuaian Parameter Membership Function pada Sistem Kendali Robot Balancing Berbasis Fuzzy Logic,” *J. JEETech*, vol. 5, no. 2, pp. 145–150, Nov. 2024, doi: 10.32492/jeetech.v5i2.5205.
- [9] object Object, “ANALISIS KUALITAS KEMASAN MINYAK GORENG DENGAN METODE SEVEN TOOLS GUNA MENGURANGI KEGIATAN REPACK DI PT.WINA GRESIK”, Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/reader/568290820>
- [10] V. J. Anggraeni, D. Kurnia, D. Djuanda, and S. Mardiyani, “Komposisi Kimia dan Penentuan Senyawa Aktif Antioksidan dari Minyak Atsiri Kunyit (*Curcuma longa* L.),” *J. Farm. Higea*, vol. 15, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2023, doi: 10.52689/higea.v15i1.508.

Halaman ini sengaja dikosongkan