

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA ALAT PENDETEKSI KUALITAS MINYAK GORENG BERDASARKAN pH DAN TINGKAT KEJERNIHAN

Lysaa Qothrunnada¹, Indri Yanti^{2*}, Muh Pauzan³

^{1,2,3}Universitas Wiralodra, Indramayu,
Email: lysaaqothrunnada@gmail.com, ^{2*}indriyanti.ft@unwir.ac.id, ³muhpauzan.ft@unwir.ac.id
^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 14 Desember 2023, diterima untuk diterbitkan: 2 Februari 2024)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit dengan menggunakan metode *fuzzy logic* Mamdani yang memanfaatkan sensor pH dan sensor cahaya BH1750. *Input* pada logika *fuzzy* yaitu nilai pH dan kejernihan minyak yang diukur melalui ADC dari Arduino Mega2560 Pro menggunakan pembacaan data dari sensor BH1750 untuk menentukan tingkat kejernihan pada minyak goreng, sedangkan *output* berupa kualitas minyak goreng dengan menggunakan desain fuzzy yang dibuat pada *software* MATLAB. Minyak yang diuji mencakup jenis minyak kemasan premium, kemasan sederhana, dan minyak curah. Pengujian dilakukan pada tiga variasi, yaitu sebelum penggunaan minyak untuk menggoreng telur, setelah satu kali penggorengan telur, dan dua kali penggorengan telur. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang sangat kuat antara kejernihan minyak dengan nilai ADC, mencapai 0,976. Selisih *output* antara alat dengan perhitungan MATLAB sangat kecil, berkisar antara 0,00 hingga 0,03. Rata-rata diskrepansi pada minyak yang belum digunakan, setelah satu kali penggunaan, dan dua kali penggunaan masing-masing sekitar 0,15%, 0,36%, dan 0,76% berturut-turut. Implementasi logika fuzzy pada alat pendeteksi kualitas minyak goreng berdasarkan pH dan tingkat kejernihan menunjukkan kinerja yang baik dengan akurasi tinggi. Hasil penelitian ini tidak hanya berdampak pada pemantauan kualitas minyak, tetapi juga membuka peluang untuk penerapan logika fuzzy dalam analisis kualitas pada bidang-bidang lain.

Kata kunci: Minyak goreng kelapa sawit, pH, Kejernihan, Logika Fuzzy, Metode Mamdani.

IMPLEMENTATION OF FUZZY LOGIC IN COOKING OIL QUALITY DETECTION DEVICE BASED ON pH AND CLARITY LEVEL

Abstract

This research aims to develop a tool for detecting the quality of palm cooking oil using the Mamdani fuzzy logic method that utilizes the pH sensor and BH1750 light sensor. The input to the fuzzy logic is the pH value and oil clarity measured through the ADC of the Arduino Mega2560 Pro using data readings from the BH1750 sensor to determine the level of clarity in cooking oil, while the output is the quality of cooking oil using fuzzy design made in MATLAB software. The tested oil includes premium packaging, simple packaging, and bulk oil. Tests were conducted on three variations, namely before the use of oil to fry eggs, after one egg frying, and two egg frying. The results showed a very strong correlation between oil clarity and ADC value, reaching 0.976. The difference in output between the device and MATLAB calculation was very small, ranging from 0.00 to 0.03. The average discrepancies in unused oil, after one use, and two uses were about 0.15%, 0.36%, and 0.76% respectively. The implementation of fuzzy logic in the cooking oil quality detection tool based on pH and clarity level shows good performance with high accuracy. The results of this research not only impact the monitoring of oil quality but also open opportunities for the application of fuzzy logic in quality analysis in other fields.

Keywords: Palm oil, pH, Clarity, Fuzzy Logic, Mamdani Method.

1. PENDAHULUAN

Minyak goreng adalah bahan dasar pangan yang digunakan untuk memasak bahan makanan yang digoreng. Minyak goreng yang banyak digunakan oleh masyarakat yaitu minyak yang dihasilkan dari

tumbuhan kelapa sawit. Terdapat dua jenis minyak goreng kelapa sawit yang beredar di kalangan masyarakat yaitu, minyak goreng kemasan dan minyak goreng curah. Perbedaan minyak goreng kemasan dan minyak goreng curah salah satunya pada banyaknya proses penyaringan. Minyak goreng kemasan

merupakan minyak goreng yang telah mengalami dua kali penyaringan, sedangkan minyak goreng curah merupakan minyak goreng yang mengalami satu kali penyaringan (Ghifari and Utaminingrum, 2022). Selain kedua jenis minyak tersebut, dikenal juga istilah minyak jelantah. Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah dipakai berulang kali digunakan (Widowati *et al.*, 2022) (Ghifari and Utaminingrum, 2022).

Secara fisik, warna dari ketiga jenis minyak tersebut berbeda berdasarkan tingkat penyaringan dan penggunaan. Tingkat penyaringan merupakan salah satu penentu kualitas minyak goreng. Tingkat penyaringan bisa dilihat dari kejernihan warna minyak goreng. Berdasarkan standar mutu minyak goreng sesuai dengan SNI 01-3741-2013 warna minyak goreng harus putih, kuning pucat sampai kuning. Selain itu, banyak indikator yang harus dipenuhi supaya suatu minyak goreng tersebut layak dikonsumsi, salah satunya pH minyak goreng. Standar pH dari minyak goreng berkisar antara 4,5-6 (Wibisono, Zakaria & Soelistainto, 2020).

Penelitian terkait pengujian pendeteksi kualitas minyak goreng telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya yaitu penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Sensor Ultrasonik dan Sensor Kapasitif Berbasis *Smartphone*”. Penelitian ini menggunakan sensor pH dan modul kapasitif. Hasil pengujian diperoleh bahwa sensor pH dapat mendeteksi kadar lemak dan keasaman pada minyak sawit memiliki nilai sekitar 5 sampai 11, bila dalam kandungan minyak tersebut melebihi nilai mutu maka minyak sawit tersebut kurang baik untuk dikonsumsi. Penelitian tersebut hanya menggunakan tiga jenis minyak, yaitu minyak barco, minyak ikan dorang, dan minyak curah (Wibisono, Zakaria & Soelistainto, 2020).

Penelitian lain yaitu yang berjudul “Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Densitas Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*”. Parameter viskositas dan densitas sebagai pengukuran kualitas minyak tersebut dengan menghitung massa jenis menggunakan sensor *Load Cell* dan sensor LDR untuk membaca tingkat kekentalan (viskositas) fluida pada minyak goreng. Pada penelitian ini menghasilkan *presentase* akurasi pembacaan sensor LDR hanya berbeda 0 sampai 5bit setiap waktunya yang paling besar selisih 10bit dengan *error* persisi rata-rata 1,07% dan sensor *Load Cell* berbeda 0 s/d 4g setiap waktunya dengan *error* presisi rata-rata 2,13%. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan 1 jenis minyak goreng dengan 10 kali pengujian dalam pengujian (Zyaputra, Surapati & Rinaldi, 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka dibutuhkan pengembangan alat pendeteksi kualitas minyak goreng yang lebih baik, efektif, dan akurat. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk membuat alat pendeteksi kualitas minyak goreng

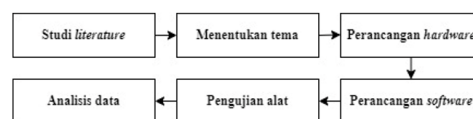
dengan menganalisis pH minyak dan tingkat kejernihan dari minyak goreng kelapa sawit. Dua indikator tersebut dipilih karena jika pH minyak di bawah standar yang ditentukan maka tingkat keasaman sangat tinggi yang dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan jika pH terlalu tinggi juga kurang baik (Subagja *et al.*, 2022).

Tingkat kejernihan dipilih karena berkaitan dengan tingkat penyaringan dari minyak goreng. Tingkat penyaringan ini menentukan *grade* dari minyak goreng. Alat pendeteksi kualitas minyak goreng yang dibuat dalam penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya, baik dari komponen, metode yang akan digunakan, dan terkait prinsip kerja dari alatnya. Alat ini menggunakan Arduino Mega2560 Pro yang berfungsi untuk mengontrol komponen lainnya, sensor pH untuk mengukur pH 4502C dan probe connector BNC E201-C minyak goreng dan sensor cahaya BH1750 untuk melihat tingkat kejernihan minyak goreng, hasil percobaan ditampilkan pada LCD I2C dan aplikasi MIT APP *inventor* digunakan sebagai *input* data pada sistem dengan memanfaatkan koneksi *bluetooth*, data akan tersimpan pada kartu SD.

Uji coba alat hanya berfokus pada sampel minyak goreng kelapa sawit kemasan dan curah yang sering dipakai oleh masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kadar pH dan tingkat kejernihan pada minyak goreng kelapa sawit menggunakan tiga indikator kualitas yaitu baik, sedang dan jelek.

2. METODOLOGI PENELITIAN

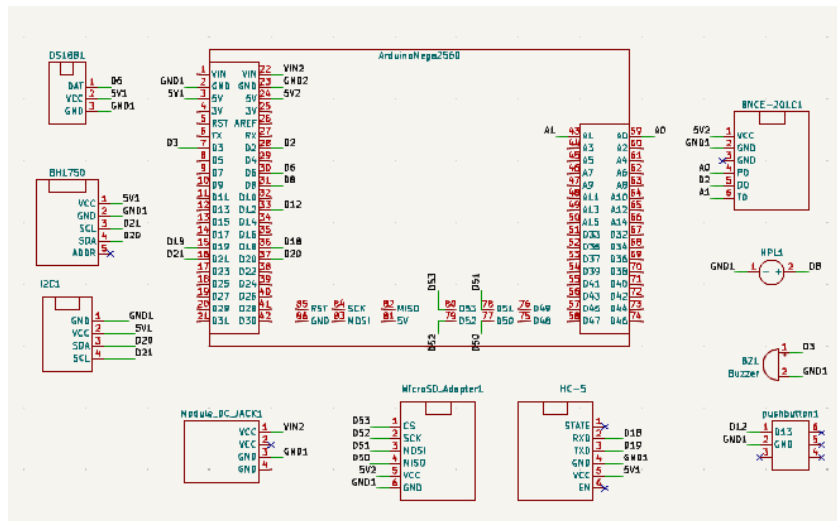
Gambar 1 menunjukkan alur tahapan dari awal sampai akhir dari penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

Tahap pertama yaitu melakukan studi literatur untuk menentukan tema dan judul penelitian. Tahapan berikutnya yaitu melakukan perancangan *hardware* dan *software*, yang dilanjutkan tahap pengujian alat dan analisis data.

2.1. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Skema Rangkaian

Gambar 2 menunjukkan skematik rancangan alat menggunakan aplikasi KiCad. Skematik rangkaian menunjukkan *interface* antara Arduino Mega2560 Pro dengan sensor cahaya BH1750 dan sensor pH 4502C menggunakan probe *connector* BNC E201-C, *High power led*, sensor suhu DS18B20, LCD I2C 16x2, modul *bluetooth*, modul microSD dan buzzer. Arduino Mega2560 Pro digunakan sebagai pemroses logika fuzzy dari alat pendeteksi kualitas minyak goreng. Sensor pH 4502C menggunakan *probe connector* BNC E201-C digunakan sebagai pendeteksi tingkat kadar pH pada minyak goreng kelapa sawit. Sensor Cahaya BH1750 digunakan sebagai pendeteksi tingkat kejernihan pada sampel minyak goreng kelapa sawit. Sensor cahaya harus dipadukan dengan sumber cahaya. Sumber cahaya yang digunakan yaitu menggunakan *high power led* (HPL).

Pada pengujian sampel suhu minyak harus bernilai sama, sehingga dibutuhkan sensor suhu DS18B20 yang digunakan untuk mendeteksi suhu minyak. Proses penginputan data pada alat tidak dilakukan secara manual tetapi menggunakan aplikasi *mobile* dan *Bluetooth*, sedangkan *output* hasil pengujian akan ditampilkan pada LCD I2C 16x2 dan data juga disimpan pada *SD card*.

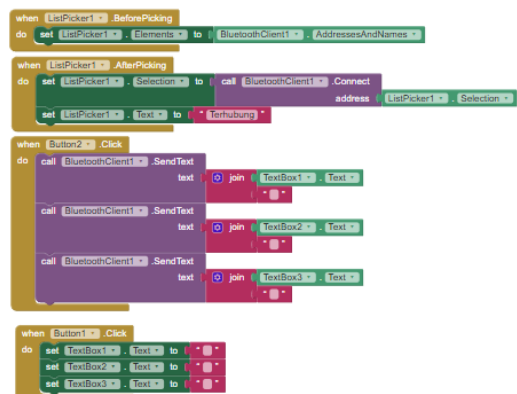
2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Aplikasi pada *android* dibuat menggunakan aplikasi MIT APP *inventor*. MIT APP *inventor* merupakan sistem berbasis *website* untuk membuat aplikasi *mobile*. MIT APP *inventor* memiliki dua halaman utama yaitu halaman perancang desain aplikasi dan halaman *blocks*. Gambar 3 menunjukkan desain aplikasi Android di MIT APP *inventor*.



Gambar 3. Perancangan Aplikasi pada MIT APP *inventor*

Setelah desain aplikasi selesai dibuat pada halaman *designer*, blok kode dibuat dengan cara *drag and drop* pada halaman blok. Blok kode yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Kode yang dibuat di MIT APP *Inventor*

Penjelasan blok kode yang dibuat pada MIT APP *Inventor* adalah sebagai berikut. Pertama, periksa koneksi *bluetooth* dan pilih *bluetooth* yang sesuai, jika sudah terhubung, masukkan input data berupa karakter ke dalam *TextBox1* yang

menunjukkan jenis minyak, TextBox2 yang menunjukkan merk minyak, dan TextBox3 yang menunjukkan alamat pembelian minyak. Tekan Tombol1 atau tombol kirim. Proses pengiriman data sampel dari aplikasi di android ke Arduino Mega2560 Pro tersebut mengawali proses pengujian sampel. Aplikasi yang dibuat pada MIT APP Inventor dapat di-install dengan format (.apk) menggunakan kode atau proses memindai kode QR di MIT AI2 Companion yang sebelumnya telah di install pada android.

2.3. Desain Logika Fuzzy

Penelitian ini menggunakan metode Mamdani dengan memanfaatkan operasi *max-min*. Kelebihan logika fuzzy yaitu dapat menoleransi data yang samar atau tidak akurat dan umumnya logika fuzzy digunakan untuk mengambil suatu tindakan atau keputusan dalam suatu sistem (Wanto, 2016)(Rivai, Rendyansyah and Purwanto, 2015). Sedangkan kelebihan metode Mamdani pada logika fuzzy adalah intuitif, mencangkup bidang yang luas karena menggunakan COA (Haura, Yanti & Pauzan, 2023).

Istilah fuzzy diartikan sebagai suatu kondisi yang berada diantara benar atau salah dan didasarkan pada derajat keanggotaan yang berkisaran diantara nol sampai satu (Patel *et al.*, 2013). Selain itu, logika fuzzy juga dianggap sebagai cara yang tepat untuk memetakan ruang *input* ke ruang *output*. Ruang *input* dan ruang *output* pada fuzzy dapat berupa variabel linguistik sebagai pengganti penggunaan perhitungan numerik (Fathoni, Mustain & Wardhani, 2018).

Pada penelitian ini terdapat dua variabel *input* yaitu kadar pH dan tingkat kejernihan, sedangkan variabel *output* pada penelitian ini berupa indikator kualitas. Tahapan pada proses fuzzy meliputi proses fuzzifikasi, inferensi berdasarkan basis pengetahuan, dan defuzzifikasi. Pada penelitian ini logika fuzzy digunakan sebagai pengetahuan untuk mengetahui kadar pH dan tingkat kejernihan pada sampel minyak goreng kelapa sawit. Sistem inferensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Mamdani.

1) Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahap mengubah input sistem yang memiliki nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan dan disimpan pada basis pengetahuan (*rule base*).

Standar pH dari penelitian yang sudah dilakukan berkisar 4,5 sampai 6. Nilai *set point* dapat ditentukan yaitu 5,25 berdasarkan batas atas dan batas bawah. Variabel *input* pH terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy yaitu rendah besar (RB), rendah kecil (RK), ideal, tinggi kecil (TK) dan tinggi besar (TB). Fungsi keanggotaan $\mu(x)$ dari pH dinyatakan oleh persamaan (1), (2), (3), (4), dan (5).

$$\mu_{RB} = \begin{cases} 0, & x \geq 4,875 \\ \frac{4,875 - x}{4,875 - 4,5}, & 4,5 \leq x \leq 4,875 \\ 1, & x \leq 4,5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{RK} = \begin{cases} 0, & x \leq 4,5 \text{ atau } x \geq 5,25 \\ \frac{x - 4,5}{4,875 - 4,5}, & 4,5 \leq x \leq 4,875 \\ \frac{5,25 - x}{5,25 - 4,875}, & 4,875 \leq x \leq 5,25 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{ideal} = \begin{cases} 0, & x \leq 4,875 \text{ atau } x \geq 5,625 \\ \frac{x - 4,875}{5,25 - 4,875}, & 4,875 \leq x \leq 5,25 \\ \frac{5,625 - x}{5,625 - 5,25}, & 5,25 \leq x \leq 5,625 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{TK} = \begin{cases} 0, & x \leq 5,25 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x - 5,25}{5,625 - 5,25}, & 5,25 \leq x \leq 5,625 \\ \frac{6 - x}{6 - 5,625}, & 5,625 \leq x \leq 6 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{TB} = \begin{cases} 0, & x \leq 5,625 \\ \frac{x - 5,625}{6 - 5,625}, & 5,625 \leq x \leq 6 \\ 1, & x \geq 6 \end{cases} \quad (5)$$

Cahaya dari HPL yang masuk ke dalam minyak goreng akan ditangkap oleh sensor cahaya BH1750 dan akan dibaca nilai tegangannya. Nilai tegangan yang diperoleh dari Arduino Mega2560 Pro adalah 10bit yaitu 0-1023 nilai tegangan tersebut dikonversi menjadi nilai ADC. Sampel minyak goreng kelapa sawit dengan kualitas keruh, cukup dan jernih memiliki nilai ADC sebesar 0-237, 200-275 dan 237-1023 berturut-turut. Variabel kejernihan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy yaitu "Keruh", "Cukup" dan "Jernih". Derajat keanggotaan $\mu(x)$ dari kejernihan dinyatakan oleh persamaan (6), (7), dan (8).

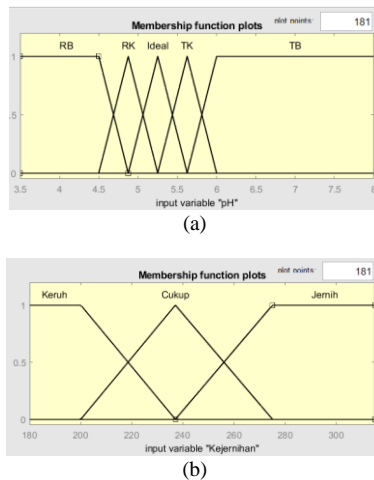
$$\mu_{Keruh} = \begin{cases} 0, & x \geq 237 \\ \frac{237 - x}{237 - 200}, & 200 \leq x \leq 237 \\ 1, & x \leq 200 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{Cukup} = \begin{cases} 0, & x \leq 200 \text{ atau } x \geq 275 \\ \frac{x - 200}{237 - 200}, & 200 \leq x \leq 237 \\ \frac{275 - x}{275 - 237}, & 237 \leq x \leq 275 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Jernih} = \begin{cases} 0, & x \leq 237 \\ \frac{x - 237}{275 - 237}, & 237 \leq x \leq 275 \\ 1, & x \geq 275 \end{cases} \quad (8)$$

Desain logika fuzzy alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit dibuat menggunakan aplikasi MATLAB. MATLAB digunakan untuk

memvisualisasikan desain logika *fuzzy* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Desain Fungsi Keanggotaan Fuzzy menggunakan MATLAB (a) pH, dan (b) Kejernihan

2) Inferensi

Pada tahap ini dirancang *rule base* untuk menentukan kualitas pada minyak goreng. Aturan logika ini diperoleh dari kombinasi input pH dan tingkat kejernihan. Tabel 1 menunjukkan tiga variabel dari output kualitas minyak goreng kelapa sawit yaitu jelek, sedang dan bagus. Banyaknya kombinasi dari fungsi keanggotaan pada kedua variabel input menghasilkan sembilan buah *rule base* seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. *Rule base* fungsi keanggotaan fuzzy

		Kejernihan		
		Keruh	Cukup	Bening
pH	RB	Jelek	Jelek	Sedang
	RK	Jelek	Sedang	Bagus
	Ideal	Jelek	Sedang	Bagus
	TK	Jelek	Sedang	Bagus
	TB	Jelek	Sedang	Sedang

dengan RB adalah rendah besar, RK adalah rendah kecil, TK adalah tinggi kecil, dan TB adalah tinggi besar.

Setelah aturan logika fuzzy dirancang, selanjutnya yaitu melakukan proses inferensi untuk menentukan nilai keluaran fuzzy dengan menggunakan mekanisme “MaxMin”. Derajat keanggotaan hasil operasi dua himpunan fuzzy disebut dengan α -predikat. Untuk mencari α -predikat metode Mamdani menggunakan fungsi Min.

$$\alpha - \text{predikat} = \mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A[x], \mu_B[x]\} \quad (9)$$

Untuk setiap $x \in X$, sedangkan untuk hasil inferensi menggunakan komposisi aturan dengan fungsi Max.

3) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses menghitung *output* fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp*). Sistem inferensi yang digunakan pada penelitian yaitu sistem inferensi Mamdani, yaitu dengan menggunakan metode *Center of Area* (CoA) atau *centroid*, metode ini secara matematis ditunjukkan pada persamaan (10).

$$z^* = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} = \frac{\text{Momen}}{\text{Luas daerah}} \quad (10)$$

2.4. Desain Alat

Tahapan selanjutnya setelah perancangan alat (skematik rangkaian alat) adalah perakitan alat, meliputi pembuatan desain PCB melalui aplikasi KiCad. Setelah proses desain selesai maka, dilanjutkan dengan mencetak PCB. Selain, pembuatan PCB juga dibuat desain *casing* tiga dimensi. *Casing* PCB dibuat dengan *printer* tiga dimensi (3D) dengan bahan yang digunakan adalah bahan plastik *polylactic acid* (PLA). Desain tiga dimensi alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit

Jenis bahan yang digunakan pada desain tiga dimensi adalah bahan sejenis bioplastik atau plastik organik yang terbuat dari minyak nabati, pati jagung dan mikrobiota.

2.5. Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan setelah alat selesai dirakit, sampel yang digunakan untuk melakukan pengujian pada alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit adalah minyak kelapa sawit kemasan dan curah menggunakan inferensi fuzzy dengan metode Mamdani. Tahap yang dilakukan sebelum melakukan pengujian sampel adalah menentukan hubungan nilai ADC dengan tingkat kejernihan pada minyak goreng kelapa sawit menggunakan korelasi *bivariate* untuk menentukan hubungan nilai ADC dan kejernihan pada sensor cahaya BH1750 dengan 12 sampel minyak goreng kelapa sawit tersebut.

Tabel 2 menunjukkan hubungan antara nilai ADC dengan tingkat kejernihan minyak goreng. Sampel minyak goreng yang digunakan adalah jenis minyak kemasan premium, minyak kemasan sederhana, dan minyak curah. Pengujian tersebut menggunakan minyak baru dan belum digunakan sama sekali. Sampel minyak A, B, C dan D merupakan minyak kemasan premium, sedangkan E, F, G dan H merupakan minyak kemasan sederhana serta I, J, K, dan L merupakan minyak curah. Berdasarkan pengujian tersebut, hampir semua sampel sesuai dengan SNI, hanya sampel I, J, K, dan L yang tidak sesuai dengan SNI.

Berdasarkan pengujian hubungan nilai ADC dengan kejernihan minyak goreng pada Tabel 2, *input* sistem fuzzy mengenai tingkat kejernihan minyak goreng yang baik yaitu ada pada sampel A, B, C, D, dan F, sedangkan input sistem *fuzzy* untuk tingkat kejernihan cukup yaitu ada pada sampel E, G, dan H, nilai *input* sistem fuzzy untuk tingkat kejernihan buruk yaitu ada pada sampel I, J, K dan L. Nilai-nilai ADC dari klasifikasi ini akan menjadi anggota *fuzzy* bagi kejernihan warna.

Tabel 2. Hubungan Nilai ADC dengan Kejernihan Minyak Goreng

No.	Sampel Minyak	Nilai ADC	Kejernihan Warna
1	A	347	Putih bening kuning
2	B	335	Kuning bening
3	C	340	Kuning bening
4	D	328	Kuning bening
5	E	275	Kuning
6	F	315	Kuning bening
7	G	254	Kuning
8	H	260	Kuning
9	I	217	Kuning keruh
10	J	229	Kuning keruh
11	K	214	Kuning keruh
12	L	222	Kuning keruh

Hasil pengujian tersebut menunjukkan hubungan yang kuat seperti hasil korelasi yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Jika dimisalkan putih bening kekuningan dan kuning bening bernilai 3, kuning bernilai 2, dan kuning keruh bernilai 1, maka korelasi antara ADC dan warna kejernihan minyak dapat diketahui.

		ADC	Kejernihan
ADC	Pearson Correlation	1	.976**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	15	15
Kejernihan	Pearson Correlation	.976**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	15	15

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 7. Korelasi hubungan ADC dan tingkat kejernihan

Hasil korelasi tersebut menggambarkan besarnya koefisien korelasi antara variabel ADC dengan warna kejernihan. Taraf signifikansi yang dihasilkan yaitu 0,01 (1%). Taraf signifikan 0,01 menunjukkan tingkat akurasi hasil analisis 99% dan kesalahan hanya 1%. N menunjukkan jumlah atau

banyaknya data yaitu 12 data. Berdasarkan hasil perhitungan melalui SPSS diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0,976 yang memiliki hubungan korelasi yang sangat kuat.

2.6. Analisis Data

Tahapan ini meliputi proses analisis data yang diperoleh dari pengujian sampel *output* dari sistem inferensi fuzzy metode Mamdani. Nilai *output* fuzzy pada alat akan dibandingkan dengan nilai *output* pada MATLAB. Perbandingan nilai antara *output* alat dengan MATLAB menjadi acuan untuk akurasi dari alat tersebut. Kinerja alat dapat dilihat dari presentase akurasi yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (11) (Pandiangan, 2018).

$$Keberhasilan(\%) = \frac{\sum N}{total N} \times 100\% \quad (11)$$

N menunjukkan jumlah nilai sampel yang benar dan total N menunjukkan total sampel yang uji, selain akurasi nilai. Ukuran suatu penyimpangan ditunjukkan jika kedua pengukuran berbeda (tumpang tindih parsial), maka besarnya diskrepansi (*discrepancy*) Z dapat dihitung menurut persamaan (Pandiangan, 2018). Diskrepansi Z antara dua buah nilai besaran fisis yang sama ($\bar{X} \pm \Delta X$) dan ($\bar{Y} \pm \Delta Y$), dengan Y sebagai acuan secara matematis ditulis pada persamaan (12).

$$Z = \left| \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\bar{Y}} \right| \times 100\% \quad (12)$$

Z disebut juga sebagai nilai *error* pengukuran. Jika Z dari hasil ukur sangat kecil, maka dapat disimpulkan bahwa hasil ukur dinilai sangat baik. Akurasi menggambarkan seberapa baik kualitas pengukuran yang dilakukan terhadap pengukuran standar, sedangkan nilai diskrepansi menyatakan ukuran kuantitas dari pengukuran yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Logika fuzzy pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui nilai *output* atau nilai hasil pembacaan data sampel minyak goreng kelapa sawit. Logika fuzzy digunakan untuk menentukan indikator kualitas sampel minyak goreng kelapa sawit tersebut termasuk kedalam indikator “Jelek”, “sedang” atau “Bagus”. *Output* dari penelitian ini yaitu indikator kualitas yang ditentukan setelah melalui proses logika fuzzy yaitu fuzzifikasi, inferensi sesuai berdasarkan basis pengetahuan dan defuzzifikasi.

Proses penginputan data minyak goreng yang akan diuji dengan alat dilakukan dengan menggunakan aplikasi *mobile* yang telah dibuat. Selama proses pengujian semua data yang penting akan disimpan dalam SD *card* sehingga data pada pengujian tidak dicatat secara manual.

Setelah alat pendeteksi kualitas minyak goreng dibuat, sampel minyak goreng tersebut diuji dengan

alat pembanding pH meter sebagai data pembanding. Selama proses pengujian suhu sampel pada minyak tersebut harus dijaga berkisar antara 29°C sampai 32°C, diukur dengan sensor suhu DS18B20.

Pengujian juga dilakukan untuk melihat kinerja dari alat pendeteksi kualitas minyak goreng berdasarkan parameter kejernihan dan pH minyak

Minyak yang akan diuji sebanyak 12 sampel untuk setiap variasi pengujian, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Sampel Minyak Goreng Kelapa Sawit

No.	Sampel Minyak	Keterangan
1	A	Kemasan premium
2	B	Kemasan premium
3	C	Kemasan premium
4	D	Kemasan premium
5	E	Kemasan sederhana
6	F	Kemasan sederhana
7	G	Kemasan sederhana
8	H	Kemasan sederhana
9	I	Curah
10	J	Curah
11	K	Curah
12	L	Curah

3.1. Pengujian Minyak Goreng dengan Berbagai Variasi Penggunaan

Hasil pengujian sampel minyak goreng menggunakan tiga variasi pengujian yaitu minyak yang belum digunakan sama sekali dan sesudah digunakan.

1) Hasil pengujian minyak goreng sebelum digunakan

Pengujian pertama, yaitu untuk menentukan kualitas minyak goreng yang belum digunakan sama sekali. Jumlah sampel terdiri dari 12 sampel minyak goreng. Tabel 4 menunjukkan perbandingan hasil uji minyak goreng berdasarkan nilai ADC dan pH pada minyak goreng dengan menggunakan alat pembanding pH meter dan standar warna sesuai SNI 01-3741-2013 pada minyak goreng.

Pada penelitian ini, kualitas minyak merupakan *output* sistem fuzzy. Indikator kualitas dibagi tiga kategori yaitu jelek ketika $output \leq 1,5$, kualitas sedang diantara 1,5 sampai 2,5, dan kualitas bagus ketika $output \geq 2,5$. Berdasarkan Tabel 4, hampir semua sampel menunjukkan *output* sesuai dengan klasifikasi minyak, yaitu minyak kemasan premium menunjukkan kualitas bagus, minyak kemasan sederhana menunjukkan kualitas sedang, dan minyak curah kualitasnya jelek. Namun, untuk sampel G walaupun termasuk kemasan sederhana ternyata pengujian menunjukkan kualitas jelek karena warna minyak agak gelap sehingga nilai ADC cukup rendah.

Output tertinggi dimiliki oleh sampel A karena sampel A memiliki ADC yang paling tinggi sehingga secara fisik memiliki tingkat kejernihan paling bagus. Untuk minyak kemasan sederhana

goreng menggunakan *fuzzy logic* metode Mamdani. Frekuensi penggunaan minyak goreng menjadi variabel pengujian karena minyak goreng tidak dapat digunakan berulang kali disebabkan kualitasnya akan menurun. Oleh karena itu, untuk melihat kinerja alat maka variabel tersebut digunakan dalam pengujian.

nilai *output* berkisar 2, sedangkan minyak curah nilai *output* yang dihasilkan berkisar 1. Untuk melihat selisih yang dihasilkan antara alat dengan pH meter, yaitu dengan membandingkan nilai pH dari alat dan pH meter.

2) Hasil Pengujian Sampel Minyak setelah dipakai

Tahap pengujian sampel minyak goreng selanjutnya yaitu dengan satu kali pemakaian. Bahan yang digunakan untuk digoreng yaitu telur. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, terjadi penurunan pH dan ADC dibandingkan dengan pengujian sebelum minyak digunakan untuk menggoreng telur. Penurunan nilai pH dan ADC akan mempengaruhi *output* dari *fuzzy logic*. Untuk sampel A, B, dan C dari kemasan premium hasilnya masih kategori bagus namun nilai *output* mengalami penurunan, sedangkan sampel D kemasan premium kualitasnya turun menjadi sedang karena nilai ADC masuk kategori cukup. Untuk kemasan sederhana, sampel E dan F masih memiliki kualitas sedang dengan nilai *output* mengalami penurunan, sedangkan sampel G dan H kualitasnya menurun dari sedang ke jelek karena penurunan ADC signifikan yang artinya kejernihannya berkurang. Untuk minyak goreng curah, sampel I, J, K, dan L tetap dengan kualitas jelek dengan nilai *output* semakin menurun.

Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan sampel minyak goreng kelapa sawit dengan dua kali pemakaian menggunakan telur. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian sampel minyak goreng kelapa sawit dengan dua kali pemakaian.

Berdasarkan Tabel 6, sampel A, dan C dari kemasan premium hasilnya masih kategori bagus, namun nilai *output* mengalami penurunan. Sampel B berubah kualitasnya dari bagus menjadi sedang, sedangkan selain sampel A, B, dan C kualitasnya jelek. Jadi teori yang mengatakan bahwa pemakaian minyak goreng tidak boleh lebih dari 2 kali yaitu benar, kecuali pada minyak kemasan premium dengan label sampel A, B, dan C. Bahan yang digunakan untuk digoreng juga akan mempengaruhi kecepatan perubahan kualitas minyak goreng, misalnya jika bahan yang digoreng adalah ikan maka akan membuat minyak lebih cepat berubah warnanya menjadi lebih gelap. Penyebab utama dari perubahan warna minyak goreng menjadi keruh karena adanya kemunculan asam lemak bebas pada minyak goreng.

3) Hasil Perbandingan Output Alat dan MATLAB

Selain perbandingan hasil dari ketiga pengujian di atas juga dibandingkan hasil pengujian minyak goreng dari alat dengan hasil simulasi *fuzzy* metode Mamdani menggunakan MATLAB. MATLAB telah menyediakan sebuah *tools* untuk merancang logika *fuzzy*, yang dikenal sebagai *Fuzzy Logic Toolbox*. Perancangan *fuzzy* pada MATLAB, dapat menggunakan dua cara, yaitu dengan mengetikkan sintaksnya pada editor (layaknya memprogram MATLAB), atau menggunakan jendela visual yang telah dirancang antarmukanya sedemikian rupa untuk mendesain suatu sistem *fuzzy*. Antarmuka ini dikenal sebagai FIS editor. Tabel 7 menunjukkan perbandingan hasil pengujian minyak goreng

sebelum digunakan pada alat dengan MATLAB. Nilai *error* pada Tabel 7 menunjukkan nilai diskrepansi atau ukuran suatu penyimpangan dapat dihitung menurut persamaan (12). Hampir semua pengukuran menghasilkan nilai *error* pengukuran 0% kecuali sampel B sebesar 0,32%, sampel E sebanyak 0,5%, dan sampel L sebesar 0,98%. Namun, nilai *error* tersebut dalam persen sehingga nilai *error* sebesar 0,98% sama dengan 0,0098. Nilai *error* tersebut masih termasuk sangat kecil. Rata-rata diskrepansi pada minyak yang belum digunakan sebesar 0,15%. Nilai diskrepansi yang kecil menunjukkan bahwa hasil ukur dinilai sangat baik.

Tabel 4. Hasil pengujian sampel minyak goreng sebelum digunakan

No	Sampel Minyak	Alat		Ground Truth		Hasil	Fuzzy
		pH	ADC	pH Meter	Warna	Output	Keterangan
1	A	5,55	344	5,50	Putih bening kuning	3,11	Bagus
2	B	5,51	288	5,40	Kuning bening	3,08	Bagus
3	C	5,51	310	5,50	Kuning bening	3,09	Bagus
4	D	5,40	277	5,30	Kuning bening	3,08	Bagus
5	E	6,87	258	6,90	Kuning	2,01	Sedang
6	F	5,70	245	5,40	Kuning	2,50	Sedang
7	G	6,08	220	6,20	Kuning tua	1,21	Jelek
8	H	6,52	231	6,50	Kuning	1,58	Sedang
9	I	5,90	229	5,60	Kuning keruh	1,48	Jelek
10	J	6,39	212	6,00	Kuning keruh	1,05	Jelek
11	K	6,17	209	6,20	Kuning keruh	1,00	Jelek
12	L	5,95	210	5,80	Kuning keruh	1,03	Jelek

Tabel 5. Hasil pengujian sampel minyak goreng setelah 1 kali digunakan

No	Sampel Minyak	Alat		Ground Truth		Hasil	Fuzzy
		pH	ADC	pH	Warna	Output	Keterangan
1	A	5,25	321	5,20	Putih kuning bening	3,12	Bagus
2	B	5,30	248	5,10	Kuning agak bening	2,61	Bagus
3	C	5,50	302	5,40	Kuning agak bening	3,08	Bagus
4	D	5,34	240	5,00	Kuning	2,25	Sedang
5	E	6,69	238	6,80	Kuning	2	Sedang
6	F	5,40	240	5,40	Kuning	2,26	Sedang
7.	G	5,86	215	5,60	Kuning keruh	1,11	Jelek
8	H	6,30	227	6,20	Kuning keruh	1,41	Jelek
9	I	5,86	215	5,80	Kuning keruh	1,11	Jelek
10	J	6,34	180	6,10	Kuning keruh	0,88	Jelek
11	K	6,12	177	6,00	Kuning keruh	0,88	Jelek
12	L	5,65	180	5,30	Kuning keruh	0,88	Jelek

Tabel 6. Hasil pengujian sampel minyak goreng dua kali pemakaian

No	Sampel Minyak	Alat		Ground Truth		Hasil	Fuzzy
		pH	ADC	pH	Warna	Output	Keterangan
1	A	5,12	323	5,10	Putih kuning bening	3,08	Bagus
2	B	4,90	230	5,00	Kuning agak tua	1,51	Sedang
3	C	5,07	292	5,00	Kuning	3,07	Bagus
4	D	5,20	193	5,10	Kuning keruh	0,90	Jelek
5	E	6,47	198	6,50	Kuning keruh	0,88	Jelek
6	F	5,30	220	5,30	Kuning keruh	1,20	Jelek
7.	G	5,77	206	5,50	Kuning keruh	1,01	Jelek
8	H	6,03	198	6,00	Kuning keruh	0,88	Jelek
9	I	5,12	107	4,90	Kuning keruh	0,92	Jelek
10	J	5,99	163	6,00	Kuning keruh	0,87	Jelek

11	K	6,04	158	6,10	Kuning keruh	0,87	Jelek
12	L	5,60	148	5,50	Kuning keruh	0,87	Jelek

Tabel 7. Perbandingan alat dengan MATLAB pada sampel minyak goreng yang belum digunakan

No.	Sampe l	Nilai Indika tor	MATL AB	Selisi h Pengukura n	Error (%)
1.	A	3,11	3,11	0,00	0,00
2.	B	3,08	3,09	0,01	0,32
3.	C	3,09	3,09	0,00	0,00
4.	D	3,08	3,08	0,00	0,00
5.	E	2,01	2,00	0,01	0,50
6.	F	2,50	2,50	0,00	0,00
7.	G	1,21	1,21	0,00	0,00
8.	H	1,58	1,58	0,00	0,00
9.	I	1,48	1,48	0,00	0,00
10.	J	1,05	1,05	0,00	0,00
11.	K	1,00	1,00	0,00	0,00
12.	L	1,03	1,02	0,01	0,98

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian alat dengan MATLAB pada sampel minyak goreng setelah digunakan untuk satu kali menggoreng telur. Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian alat dengan matlab pada sampel minyak goreng setelah digunakan satu kali menggoreng telur.

Tabel 8. Perbandingan alat dengan MATLAB pada sampel minyak setelah 1 kali digunakan

No.	Sampe l	Nilai Indika tor	MATL AB	Selisi h Pengukura n	Error (%)
1.	A	3,12	3,13	0,01	0,32
2.	B	2,61	2,61	0,00	0,00
3.	C	3,08	3,09	0,01	0,32
4.	D	2,25	2,26	0,01	0,44
5.	E	2,00	2,00	0,00	0,00
6.	F	2,26	2,28	0,02	0,88
7.	G	1,11	1,11	0,00	0,00
8.	H	1,41	1,41	0,00	0,00
9.	I	1,11	1,11	0,00	0,00
10.	J	0,88	0,87	0,01	1,15
11.	K	0,88	0,87	0,01	1,15
12.	L	0,88	0,88	0,00	0,00

Berdasarkan Tabel 8, sampel B, E, G, H, I, dan L menghasilkan nilai *error* pengukuran 0%. Nilai *error* terbesar diperoleh oleh sampel J dan K yaitu sebesar 1,15% atau 0,0115. Nilai *error* tersebut masih termasuk sangat kecil. Rata-rata diskrepansi pada minyak yang 1 kali digunakan sebesar 0,36%. Nilai diskrepansi yang kecil menunjukkan bahwa hasil ukur dinilai sangat baik.

Perbandingan alat dengan MATLAB juga dilakukan pada hasil pengujian sampel minyak goreng kelapa sawit dengan 2 kali pemakaian untuk menggoreng telur. Tabel 9 menunjukkan hasil selisih pengukuran alat dengan MATLAB.

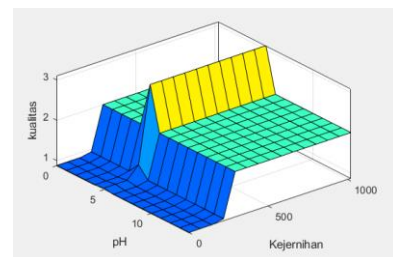
Tabel 9. Perbandingan alat dengan MATLAB pada sampel minyak setelah 2 kali digunakan

No.	Sampe l	Nilai Indika tor	MATL AB	Selisi h Pengukura n	Error (%)
1.	A	3,08	3,09	0,01	0,32

2.	B	1,51	1,53	0,02	1,31
3.	C	3,07	3,07	0,00	0,00
4.	D	0,90	0,89	0,01	1,12
5.	E	0,88	0,87	0,01	1,15
6.	F	1,20	1,21	0,01	0,83
7.	G	1,01	1,00	0,01	1,00
8.	H	0,88	0,87	0,01	1,15
9.	I	0,92	0,91	0,01	1,10
10.	J	0,87	0,87	0,00	0,00
11.	K	0,87	0,87	0,00	0,00
12.	L	0,87	0,88	0,01	1,14

Berdasarkan Tabel 9, sampel C, J, dan K menghasilkan nilai *error* pengukuran 0%. Nilai *error* terbesar diperoleh oleh sampel H yaitu sebesar 1,15% atau 0,0115. Nilai *error* tersebut masih termasuk sangat kecil. Rata-rata diskrepansi pada minyak yang 1 kali digunakan sebesar 0,76%. Nilai diskrepansi yang kecil menunjukkan bahwa hasil ukur dinilai sangat baik. Perbedaan nilai yang dihasilkan alat dan MATLAB dikarenakan faktor pembulatan pada nilai alat dan *fuzzy* pada MATLAB. Sedangkan faktor yang menyebabkan nilai *error* berbeda-beda untuk setiap sampel pada ketiga pengukuran karena stabilitas dan sensitivitas dari sensor yang digunakan, sehingga tidak bersifat linier. Faktor besarnya tegangan listrik yang menyuplai alat juga memberi andil terkait stabilitas alat. Namun, jika dilihat dari semua data yang sudah disebutkan di atas, nilai ralat masih kategori kecil sehingga alat yang telah dibuat memiliki akurasi tinggi.

Akurasi menggambarkan seberapa baik (kualitas) pengukuran yang dilakukan terhadap pengukuran standar, sedangkan nilai diskrepansi menyatakan ukuran kuantitas dari pengukuran yang dilakukan. Gambar 8 menunjukkan grafik *output* tiga dimensi pada MATLAB.



Gambar 8.. *Output* grafik tiga dimensi MATLAB

Grafik berwarna biru pekat menunjukkan *output* dari *input* variabel pH, sedangkan grafik dengan warna biru terang menunjukkan *input* dari variabel kejernihan dan *output* yang dihasilkan adalah kualitas dari sampel minyak goreng kelapa sawit tersebut, jika grafik kualitas menuju ke batas bawah maka menunjukkan warna biru pekat yang berarti kualitas minyak goreng tersebut buruk, jika grafik kualitas berada di tengah-tengah menunjukkan warna biru terang berarti kualitas minyak goreng tersebut adalah sedang dan jika grafik kualitas menuju ke batas atas

dan menunjukkan warna kuning maka kualitas minyak goreng tersebut adalah bagus.

Pada penelitian ini *output* nilai yang dihasilkan alat dapat dibandingkan dengan hasil dari MATLAB. Perbandingan *output* dengan MATLAB hanya digunakan untuk memvalidasi bahwa kode program yang dibuat dan diunggah ke alat sudah benar karena nilai *output* yang dihasilkan mendekati nilai *output* pada MATLAB. Penelitian ini menggunakan fuzzy *toolbox* pada MATLAB.

4. KESIMPULAN

Dengan menerapkan logika fuzzy metode Mamdani, penelitian ini berhasil menghasilkan alat untuk mendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit. Dengan kata lain, alat yang dikembangkan pada penelitian ini berhasil mendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit sebelum dan sesudah digunakan untuk menggoreng telur. Korelasi juga digunakan untuk menentukan hubungan ADC dan tingkat kejernihan dari hasil pengujian hubungan ADC dan tingkat kejernihan didapatkan nilai korelasi 0,976 nilai korelasi antara ADC dan tingkat kejernihan memiliki hubungan yang kuat.

Rata-rata selisih antara alat dengan MATLAB adalah 0,00 sampai dengan 0,03 dengan rata-rata diskrepansi pada sampel minyak goreng sebelum digunakan dan setelah digunakan 1x dan 2x untuk menggoreng telur didapatkan hasil sebesar 0,15%, 0,36%, dan 0,76% berturut-turut. Implementasi logika fuzzy pada alat pendeteksi kualitas minyak goreng kelapa sawit berdasarkan pH dan tingkat kejernihan dapat bekerja dengan baik dan memiliki akurasi yang tinggi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran agar diperoleh hasil yang lebih baik. Pertama, alat pembanding pengukuran kadar pH sebaiknya dilakukan dengan menguji pH di laboratorium. Dengan demikian, tidak hanya dapat menunjukkan kadar pH pada minyak goreng kelapa sawit tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- FATHONI, A., MUSTAIN, M. and WARDHANI, R., 2018. Sistem Pendukung Keputusan Penjurusan Siswa Pada Sma Pancamarga 1 Lamongan Menggunakan Metode Fuzzy, *Joutica*, 3(1), p. 151. Available at: <https://doi.org/10.30736/jti.v3i1.202>.
- GHIFARI, H.S. and UTAMININGRUM, F., 2022. Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Fitur Warna dan Kejernihan dengan Metode K-Nearest Neighbour berbasis Arduino Uno, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(7), pp. 3269–3274. Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- HAURA, C.L., YANTI, I. and PAUZAN, M., 2023. Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika Fuzzy, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 12(2), pp. 117–123. Available at: <https://doi.org/10.22146/jnteti.v12i2.7097>.
- PANDIANGAN, P., 2018. Ketidakpastian dan Pengukuran, *Praktikum IPA*, pp. 1–35. Available at: <http://repository.ut.ac.id/4772/1/PEPA4203-M1.pdf>.
- PATEL, A. *et al.*, 2013. Application of Fuzzy Logic in Biomedical Informatics, *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 4(1), pp. 57–62. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.644.2777&rep=rep1&type=pdf>.
- RIVAI, M., RENDYANSYAH and PURWANTO, D., 2015. Implementation of fuzzy logic control in robot arm for searching location of gas leak, *2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, ISITIA 2015 - Proceeding*, (December 2016), pp. 69–74. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2015.7219955>.
- SUBAGJA, H. *et al.*, 2022. Uji Kualitas Fisik dan Mikroskopis (pH, Kadar Air dan Jumlah Total Mikroba) Daging Broiler di Kabupaten Jember, *Jurnal Triton*, 13(1), pp. 67–74. Available at: <https://doi.org/10.47687/jt.v13i1.237>.
- WANTO, A., 2016. Analisis Penerapan Fuzzy Inference System (FIS) dengan Metode Mamdani pada Sistem Prediksi Mahasiswa Non Aktif (Studi Kasus: AMIK Tunas Bangsa Pematangsiantar)', *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan teknologi Informasi* [Preprint], (November 2016). Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- WIBISONO, C.S., ZAKARIA, M.N. and SOELISTAINTO, F.A., 2020 Rancang Bangun Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Sensor Ultrasonik dan Sensor Kapasitif Berbasis Smartphone, *Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 10(3), pp. 140–143. Available at: <https://doi.org/10.33795/jartel.v10i3.83>.
- WIDOWATI, E. *et al.*, 2022. Upaya Penanaman Kesadaran Masyarakat tentang Bahaya Minyak Jelantah Melalui Pengolahan Pembuatan Lilin Aromaterapi di Desa Windusari, *Jurnal Puruhita*, 4(2), pp. 48–52.
- ZYAPUTRA, A., SURAPATI, A. and RINALDI, R.S., 2021. Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Dengan Parameter Viskositas Dan Densitas Menggunakan Metode Fuzzy Logic, *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 11(1), pp. 22–28. Available at: <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v11i1.17133>.