

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KUALITAS TELUR BERBASIS ARDUINO DENGAN SISTEM *FUZZY LOGIC*

Arduino-Based Egg Quality Detector Design with Fuzzy Logic System

Dewi Fitri Anggraini^{1,*}, Arief Sudarmaji¹, Riana Listanti¹

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, Indonesia

* Email: dewi.anggraini@mhs.unsoed.ac.id

DOI:<http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2022.3.1.5032>

Naskah ini diterima pada 16 November 2021; revisi pada 18 Agustus 2022;
disetujui untuk dipublikasikan pada 24 Agustus 2022

ABSTRAK

Memeriksa kualitas telur menggunakan metode konvensional dan dengan inderawi manusia tidak selalu menghasilkan pemeriksaan yang tepat. Namun, pemeriksaan dengan memecahkan cangkang telur, bersifat destruktif dan tidak dapat digunakan oleh penjual telur. Karenanya dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi kualitas telur dengan tepat dan bersifat non-destruktif. Beberapa peneliti telah menciptakan alat pendeteksi kebusukan telur dengan menggunakan mikrokontroler. Namun, alat pendeteksi kualitas telur ini masih memerlukan pengembangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat pendeteksi kualitas telur berbasis Arduino menggunakan pengukuran intensitas cahaya, bau, dan bobot dan mengetahui kinerja masing-masing unit pengukuran dan alat secara keseluruhan. Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengujian komponen alat dengan metode *blackbox*, termasuk menguji tiga sensor pengindra yang digunakan alat yaitu sensor MQ-2, sensor LDR, dan *load cell*. Pengujian keseluruhan kerja alat, pengukuran Indeks Putih Telur (IPT) dan Indeks Kuning Telur (IKT). Berdasarkan hasil penelitian, alat pendeteksi kualitas telur mampu membedakan telur berkualitas baik dan buruk. Semua komponen alat menghasilkan *output* yang diharapkan kecuali sensor MQ-2. Sensor MQ-2 tidak berhasil menangkap konsentrasi gas H₂S yang keluar dari dalam sampel telur busuk, namun dengan dua sensor pengukuran lainnya yaitu sensor LDR dan *load cell*, alat memiliki akurasi pemeriksaan sebesar 97.77%.

Kata kunci: kualitas telur, akurasi, arduino, logika fuzzy, sensor

ABSTRACT

Checking egg quality using conventional methods and with human senses doesn't always result in a proper check. However, inspection by breaking the eggshell is destructive. The egg sellers can not use this method. Thus, a tool that can detect egg quality accurately and is non-destructive is needed. Several researchers have created egg quality detectors using microcontrollers. However, egg quality detection tools still need development. This research aims to design an Arduino-based egg quality detector using measurements of light intensity, smell, and weight and determine the performance of each measurement unit and the overall tool. The analysis methods used in this research are the black-box method for testing the components, including testing three sensor used by this tool, such as MQ-2, LDR, and load cell. Examining the entire tool performance, measuring Albumen Index and Yolk Index. Based on the research result, the egg quality detector can distinguish between good and poor-quality eggs. All components of the tool produce the expected output except the MQ-2 sensor. MQ-2 sensor didn't succeed in capturing the concentration of H₂S that came out of the rotten egg sample. But with two other measurement sensors, the LDR and load cell, the tool has an accuracy of 97.77%.

Keywords: eggs quality, accuracy, arduino, fuzzy logic, sensor

PENDAHULUAN

Telur merupakan produk pangan dengan sumber protein hewani tinggi yang mudah didapat dan murah, hal ini membuat telur digemari masyarakat luas. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2017) menyatakan bahwa konsumsi telur ayam ras dalam kurun waktu tiga puluh tahun terakhir (1987–2017) terus mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 3,57% per tahun. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi (2018), konsumsi per kapita telur ayam buras pada tahun 2014-2018 memiliki rata-rata pertumbuhan sebesar 11.97 %, dengan konsumsi tertinggi pada tahun 2017 yaitu 4.066 butir/kapita.

Namun dibalik kelebihan juga kegemaran masyarakat akan telur, produk ini mudah mengalami penurunan kualitas. Selama penyimpanan, telur akan mengalami perubahan kualitas (Juansah *et al.*, 2009). Memeriksa kualitas telur menggunakan metode konvensional dan dengan inderawi manusia tidak selalu menghasilkan pemeriksaan kualitas yang tepat. Sedangkan pemeriksaan dengan memecahkan cangkang telur untuk melihat isinya, bersifat destruktif dan tidak dapat diterapkan oleh penjual telur.

Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat yang dapat memeriksa kualitas telur dengan tepat dan bersifat non-destruktif. Beberapa peneliti telah menciptakan alat pendeteksi kebusukan telur dengan menggunakan mikrokontroler. Salah satu alat pendeteksi kebusukan telur yaitu alat yang dibuat oleh Christover *et al.* (2019) berbasis mikrokontroler *Arduino Nano 328* dengan komponen pengindra utama berupa sensor BH1750FVI dan sensor MQ-2. Alat ini menggunakan metode *fuzzy logic*. Setelah peneliti mendapatkan hasil bahwa alat berfungsi untuk mengambil keputusan pada sistem kebusukan telur, saran yang peneliti berikan yaitu setidaknya ada 2 indikator tambahan dan sensor udara H₂S yang perlu diganti.

Selain itu, ada alat pendeteksi kualitas telur ciptaan Mahesa *et al.* (2019) yang juga menggunakan *fuzzy logic*. Menggunakan 2 mikrokontroler yaitu *Arduino nano 328* dan *NodeMCU ESP8266* dan dilengkapi oleh 2 sensor pengindra berupa LDR dan *load cell*. Dengan 9 rules yang mengatur sistem *fuzzy logic*, alat ini memiliki akurasi sebesar 95% dan 75% ketika tidak menggunakan sistem *fuzzy logic*.

Berangkat dari hasil penelitian tersebut, terciptalah ide untuk membuat alat pendeteksi kualitas telur ayam berbasis arduino dilengkapi 3 komponen pengindra yaitu *load cell* yang berfungsi untuk mengukur bobot telur. LDR yang dapat menangkap intensitas cahaya dan sensor MQ-2 yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas H₂S. Kelebihan lain yang ada pada alat ini dari alat lainnya yaitu, terdapat 56 *fuzzy rules* pada pemrograman. *Rules* ini akan bekerja sebagai penentu keputusan dalam pemeriksaan telur. Semakin banyak *rule* yang ada pada sebuah sistem *fuzzy logic*, maka pemeriksaannya juga akan semakin teliti.

Acuan yang digunakan untuk standar penentuan kualitas telur diambil dari SNI 3926:2008 untuk variabel bobot telur ayam ras, pengukuran bobot telur ayam buras dan intensitas cahaya oleh penulis, dan data milik *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR), 2016 untuk variabel konsentrasi gas H₂S. Tujuan dari penelitian ini untuk merancang bangun alat pendeteksi kualitas telur berbasis Arduino menggunakan pengukuran intensitas cahaya, bau, dan bobot juga untuk mengetahui kinerja masing-masing unit pengukuran dan alat secara keseluruhan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di bengkel Karya Rineka yang berada di daerah Jatiasih, Kota Bekasi. Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2021 sampai dengan Agustus 2021.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu telur ayam ras dan telur ayam buras dengan total 120 buah telur, masing-masing telur ayam terdiri dari 2 kondisi berbeda (kualitas baik dan buruk). Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*, LDR, sensor *MQ-2*, *load cell*, LCD 20×4, LED, kabel jumper, *breadboard*, *buzzer 5V*, *switch button*, adaptor DC 9V, bor listrik, gergaji besi, gerinda, tang, jangka sorong, obeng, dan *software* di komputer (*Fritzing*, *Solidworks*, *Microsoft Excel*, dan *Arduino IDE*).

Rancangan Penelitian

1. Pengumpulan Data

Tahapan ini akan menghasilkan data karakteristik telur yang dapat digunakan untuk dasar penentuan kualitas telur pada alat, pemilihan mikrokontroler yang tepat, dan fungsi keanggotaan dalam *fuzzy logic* mana yang dapat digunakan.

2. Penyusunan Konsep

Karakteristik seperti bobot telur, banyaknya intensitas cahaya, dan konsentrasi gas H_2S dipilih untuk dijadikan variabel *fuzzy*. Selanjutnya dibuatlah fungsi aturan (*rule*). *Rule* berfungsi sebagai pembuat keputusan dalam menentukan kualitas telur. Dalam sistem ini, terdapat total 56 *rules*. *Rule* ini terbagi menjadi 2 kategori, yaitu *rule* untuk pemeriksaan telur ayam ras dan telur ayam buras.

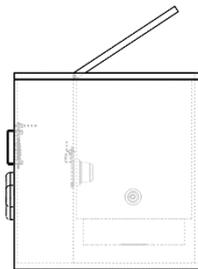
3. Tahap Perancangan Sistem

a. Perancangan badan alat

Badan perangkat yang akan perangkat pemeriksaan



alat memiliki fungsi yaitu menampung keras dan telur yang akan diperiksa. Alat dibuat terdiri dari tempat meletakkan keras dan tempat telur.



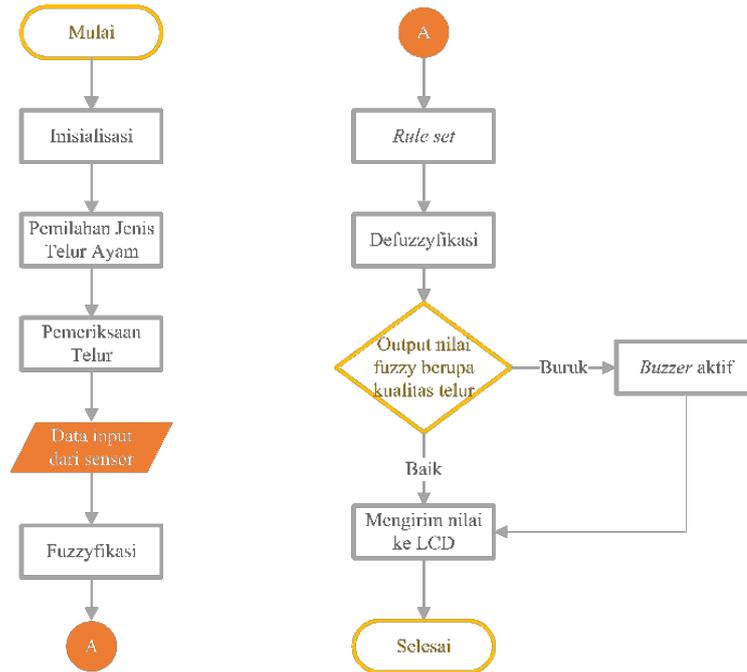
Gambar 1. Rancangan alat

b. Perancangan perangkat keras

Rangkaian sistem secara keseluruhan terdiri dari *Arduino Mega*, LDR, *load cell*, *MQ-2*, LED, *buzzer*, *push button*, resistor, dan LCD. Pada rangkaian sistem alat pendeteksi kualitas telur ini, pin A0 mikrokontroler terhubung dengan LDR, pin A1 dan A2 menjadi *input load cell*, dan pin A3 digunakan sebagai *input sensor MQ-2*.

c. Perancangan perangkat lunak

Perangkat lunak dirancang agar dapat menjalankan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini terdiri dari perancangan program utama dan program *fuzzy logic*. Program utama mengatur jalannya pemeriksaan telur, program *fuzzy logic* berjalan untuk mengolah data. Setelah itu, program utama akan mengirimkan data yang telah diolah menuju LCD dan buzzer akan aktif ketika program menemukan telur berkualitas buruk.



Gambar 2. *Flowchart* program utama

Rancangan Penelitian

Terdapat 3 variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu konsentrasi gas H₂S, intensitas cahaya, dan bobot telur. Ketiga variabel ini berfungsi sebagai *input* pada alat yang akan menghasilkan *output* berupa kualitas telur. Alasan yang mendasari penulis dalam memilih variabel-variabel di atas yaitu ketiga variabel tersebut dapat menentukan kualitas telur dengan akurat.

Cara pengukuran variabel ini yaitu dengan menggunakan sensor sebagai input kemudian nilai yang didapat akan diolah oleh sistem *fuzzy* dalam mikrokontroler. Dalam *fuzzy logic* sendiri terdapat tiga tahapan perhitungan untuk mendapatkan *output* yang telah ditetapkan. Ketiga tahapan tersebut yaitu (Andani, 2013):

1. Fuzzifikasi

Dalam penelitian ini, terdapat 3 variabel *input* yaitu bobot telur, konsentrasi gas H₂S, dan intensitas cahaya. Fungsi keanggotaan yang dipakai pada sistem adalah trapesium. Nilai hasil pemeriksaan telur akan dihitung menggunakan fungsi keanggotaan ini.

Persamaan fungsi keanggotaan trapesium adalah (Saelan, 2009):

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c} & c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

2. Rule Set

Fungsi aturan yang telah ditentukan pada sistem berjumlah 56 *rule* dan aturan-aturan ini akan dijadikan bilangan dengan mengikuti aturan operasi dalam *fuzzy logic*. Operator yang digunakan pada sistem yaitu operator OR dan AND dengan rumus (Andani, 2013):

$$\text{AND} = \mu_{A \cap B} = \min[\mu_A(x), \mu_B(y)]$$

$$\text{OR} = \mu_{A \cup B} = \max[\mu_A(x), \mu_B(y)]$$

Keterangan:

$\mu_A(x)$ = nilai variabel A pada kondisi x

$\mu_B(y)$ = nilai variabel B pada kondisi y

3. Defuzzifikasi

Dalam *fuzzy logic* sistem Mamdani, terdapat 2 cara dalam menentukan defuzzifikasi yaitu menggunakan rumus *centroid* atau *mean of maximum*. Penulis memilih menggunakan rumus *centroid* dalam penelitian ini dikarenakan mudah digunakan. Berikut rumus dari *centroid* (Ayuningtias *et al.*, 2017):

$$Z = \frac{\int \mu(z).z dz}{\int \mu(z) dz}$$

Keterangan:

Z = *centroid*

$\int \mu(z).z dz$ = nilai momen

$\int \mu(z) dz$ = luas daerah

Analisis Data

1. Pengujian Komponen Alat dengan Metode *Blackbox*

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan melaksanakan pengujian fungsionalitas masing-masing komponen alat menggunakan metode *blackbox* untuk memeriksa keberhasilan perangkat lunak dalam menjalankan perintah. Berikut pada Tabel 1 pengujian yang akan dilakukan beserta *output* yang diharapkan.

Tabel 1. Pengujian masing-masing komponen dengan metode *blackbox*

No	Komponen	Hasil yang diharapkan	Output
1	Software Arduino IDE	Menampilkan tulisan pada LCD	Menampilkan tulisan “Alat Pendeteksi Kualitas Telur Ayam - Dewi F A-”, “Pilih Jenis Telur:”, “Telur Ayam Ras”, dan “Telur Ayam Buras”
2	Sensor MQ-2	Mengukur nilai konsentrasi gas H ₂ S	Nilai konsentrasi gas H ₂ S
3	Load cell	Mengukur bobot telur	Nilai bobot
4	LDR	Mengukur nilai intensitas cahaya	Nilai intensitas cahaya
5	LED	Lampu menyala ketika pemeriksaan telur sedang berjalan	Lampu menyala
6	LCD	Menampilkan tulisan pada LCD	Menampilkan tulisan “Kualitas Telur” dan nilai kualitas sesuai telur yang sedang diperiksa pada LCD
7	Push botton	Apabila <i>button</i> ditekan perintah seperti <i>menu</i> , <i>OK</i> , <i>up</i> , dan <i>down</i> dapat berjalan	<i>Buttons</i> dapat bekerja sesuai perintah yang diberikan pada masing-masing <i>button</i>
8	Buzzer	Apabila mendapat telur busuk <i>buzzer</i> berbunyi	<i>Buzzer</i> berbunyi

2. Pengujian Keseluruhan Kerja Alat

Setelah melakukan pengujian fungsionalitas masing-masing komponen, dilakukan pengujian keseluruhan dengan menggunakan 120 sampel telur dengan 2 kondisi berbeda (kondisi baik dan buruk). Dilakukan 3 kali pengulangan dalam pemeriksaan. Pemeriksaan akurasi alat yang akan dibuat juga diperlukan, untuk menentukan seberapa tepat alat dalam menentukan kualitas telur. Berikut rumus yang digunakan untuk menemukan akurasi alat (Mahesa *et al.*, 2019):

$$\% \text{ Akurasi} = \frac{(\text{Jumlah data}) - (\text{Jumlah kesalahan uji coba telur})}{\text{Jumlah data}} \times 100\% \quad (1)$$

3. Pengukuran Indeks Putih dan Kuning Telur

Pengujian ini akan dilaksanakan setelah sampel telur diperiksa dengan alat. Standar yang digunakan pada pengukuran ini mengacu pada SNI 3926:2008 yang mengatur nilai indeks putih telur dan nilai indeks kuning telur (Tabel 2).

Tabel 2. Standar Acuan SNI 3926:2008

Faktor Mutu	Nilai		
	Mutu I	Mutu II	Mutu III
Indeks Putih Telur	0,134—0,175	0,092—0,133	0,050—0,091
Indeks Kuning Telur	0,458—0,521	0,394—0,457	0,330—0,393

Indeks putih dan kuning telur diukur dengan cara memecahkan telur di media datar, lalu ukur tinggi dan diameter kuning juga putih telur dengan menggunakan jangka sorong. Untuk putih telur, tinggi yang diukur merupakan tinggi dari albumin tebal. Mutu I, II, dan III menggambarkan umur penyimpanan telur. Semakin lama telur disimpan, maka nilai indeksnya makin kecil. Berikut rumus indeks putih dan kuning telur (SNI 3926:2008):

$$\text{Indeks putih telur} = \frac{a}{b} \quad (2)$$

Keterangan:

a = tinggi putih telur (mm)

b = diameter rata-rata $(b_1+b_2)/2$ dari putih telur tebal (mm)

$$\text{Indeks kuning telur} = \frac{a}{b} \quad (3)$$

Keterangan:

a = tinggi kuning telur (mm)

b = diameter kuning telur (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Komponen dengan Metode *Blackbox*

Pengujian tiap komponen berperan penting untuk mengetahui apakah komponen yang terpasang pada alat dapat melakukan pekerjaannya sesuai perintah. Berikut hasil pengujian tiap komponen pada alat pendeteksi kualitas telur dengan menggunakan metode *blackbox* (Tabel 3):

Tabel 3. Hasil pengujian komponen alat dengan metode *blackbox*

No	Komponen	Hasil yang diharapkan	Output	Hasil
1	Software Arduino IDE	Menampilkan tulisan pada LCD	Menampilkan tulisan "Alat Pendeteksi Kualitas Ayam -Dewi F A-", "Pilih Jenis Telur:", "Telur Ayam	Berfungsi

No	Komponen	Hasil yang diharapkan	Ras”, dan “Telur Ayam Buras”	Output	Hasil
2	Sensor MQ-2	Mengukur konsentrasi gas H ₂ S	nilai	Nilai konsentrasi gas H ₂ S tidak terukur	Tidak berfungsi
3	Load cell	Mengukur bobot telur		Nilai bobot terukur	Berfungsi
4	LDR	Mengukur intensitas cahaya	nilai	Nilai intensitas cahaya terukur	Berfungsi
5	LED	Lampu menyala ketika pemeriksaan telur sedang berjalan		Lampu menyala	Berfungsi
6	LCD	Menampilkan tulisan pada LCD	tulisan	Menampilkan tulisan “Kualitas Telur” dan nilai kualitas sesuai telur yang sedang diperiksa pada LCD	Berfungsi
7	Push botton	Apabila <i>button</i> ditekan perintah seperti <i>menu</i> , <i>OK</i> , <i>up</i> , dan <i>down</i> dapat berjalan		<i>Buttons</i> dapat bekerja sesuai perintah yang diberikan pada masing-masing <i>button</i>	Berfungsi
8	Buzzer	Apabila mendapat telur busuk <i>buzzer</i> berbunyi		<i>Buzzer</i> berbunyi	Berfungsi



Gambar 3. Tampilan pengujian alat

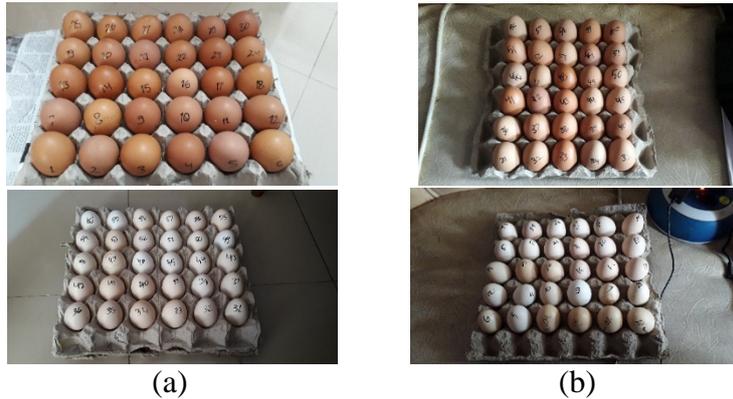
Setiap komponen alat bekerja sesuai hasil yang diharapkan kecuali komponen sensor MQ-2. Sebelumnya komponen ini sudah diuji terlebih dahulu menggunakan asap dan sensor dapat menangkap nilai konsentrasi dari asap tersebut. Kegagalan ini diperkirakan terjadi karena sensor MQ-2 tidak dirancang khusus untuk mengukur konsentrasi gas H₂S, maka komponen ini perlu diganti agar dapat menghasilkan output yang diharapkan.

Hasil yang didapat dalam penelitian ini menguatkan penelitian milik Christover *et al.* (2019) yang menyarankan untuk mengubah sensor MQ-2 menjadi sensor pendeteksi gas yang lebih sensitif. Hasil dari pengujian ini juga menguatkan penelitian yang berjudul “Alat Deteksi dan Sortasi Mutu Telur Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno” milik Azka *et al.* (2020). Metode *blackbox* dianggap tepat digunakan untuk memeriksa *input* dan *output* sebuah alat yang sedang diuji. Menurut Ningrum *et al.* (2020), pengujian menggunakan metode *blackbox* memiliki tujuan untuk melihat apakah program telah berjalan sesuai tugasnya tanpa mengetahui kode yang dipakai. Dengan menggunakan metode *blackbox* penulis dapat menemukan MQ-2 dapat bekerja ketika menangkap konsentrasi asap namun gagal dalam mendeteksi gas H₂S.

2. Pengujian Keseluruhan Kerja Alat

Keseluruhan kerja alat diuji untuk mengetahui kinerja dan keberhasilan alat dalam menentukan kualitas telur. Sampel telur yang berjumlah 120 butir terbagi menjadi 2 jenis telur

yaitu telur ayam ras dan telur ayam buras. Kedua jenis telur ini kemudian akan dipisahkan lagi ke dalam kategori kualitas baik dan buruk.

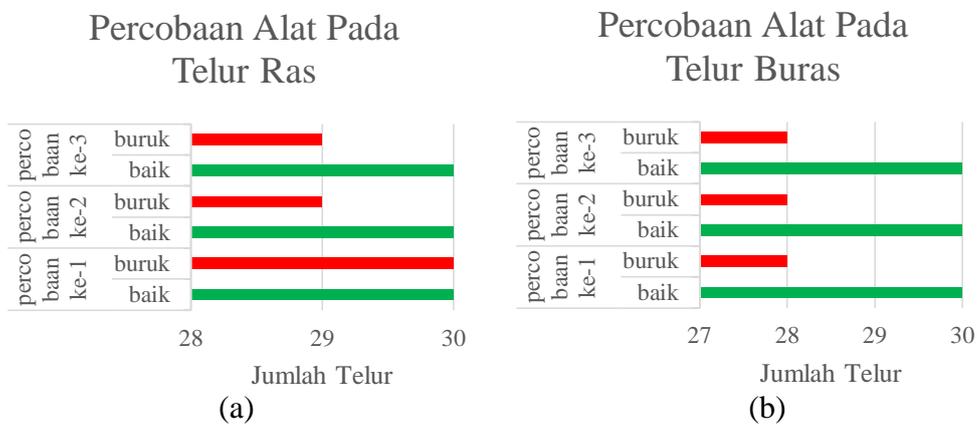


Gambar 4. (a) telur berkualitas baik dan (b) telur berkualitas buruk

Hasil percobaan menunjukkan bahwa akurasi alat dalam menentukan kualitas telur sudah baik dengan nilai persentase 97.77%, dapat dilihat pada Tabel 4. Walaupun sensor MQ-2 tidak dapat menangkap konsentrasi gas H_2S , dengan sistem *fuzzy logic*, sensor *LDR*, dan *load cell* kualitas telur ternyata mampu diteksi dengan nilai akurasi yang baik.

Tabel 4. Perhitungan akurasi keseluruhan kerja alat.

	Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III
Jumlah Data	120	120	120
Jumlah Kesalahan Uji Coba Telur	2	3	3
Akurasi Alat	97,77%		



Gambar 5. Grafik percobaan alat pada (a) telur ras dan (b) telur buras

Dibandingkan dengan alat pendeteksi mutu telur milik Mahesa *et al.* (2019) alat yang dibuat penulis memiliki akurasi yang lebih tinggi. Akurasi alat milik Mahesa *et al.* (2019) yang menggunakan sistem *fuzzy logic* sebesar 95% dan rata-rata akurasi alat setelah melakukan tiga kali pengulangan yaitu sebesar 97.77%. Perbedaan akurasi ini diperkirakan terjadi karena perbedaan pada himpunan *fuzzy logic* dan desain alat.

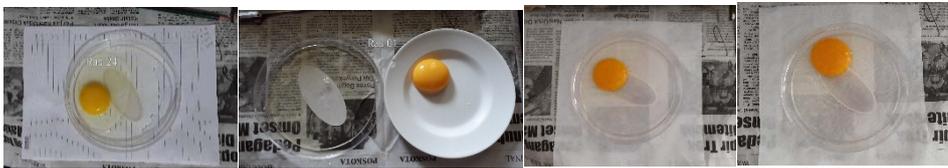
Penelitian ini menguatkan penelitian milik Mahesa *et al.* (2019) yang mendapatkan hasil akurasi alat menggunakan sistem *fuzzy logic* lebih besar dibandingkan tidak menggunakan sistem *fuzzy logic*. Alat milik Mahesa *et al.* (2019) dengan sistem *fuzzy logic* memiliki akurasi 95%, sedangkan alat tanpa *fuzzy logic* hanya memiliki akurasi sebesar 75%. Alat yang dibuat

penulis dilengkapi oleh sistem *fuzzy logic* memiliki akurasi sebesar 97.77%. Namun, hasil yang didapat berbeda dengan alat milik Azka *et al.* (2020). Alat tersebut hanya dilengkapi satu sensor tanpa sistem *fuzzy logic* dan menghasilkan akurasi alat sebesar 98%.

3. Pengukuran Indeks Putih dan Kuning Telur

Indeks putih dan kuning telur diukur setelah melaksanakan pemeriksaan telur dengan alat. Untuk mendapatkan nilai indeks, telur harus dipecahkan dan diukur diameter juga tingginya. Nilai indeks diatur pada SNI 3926:2008, terbagi menjadi 3 kategori yaitu mutu I, mutu II, dan mutu III.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa 30 sampel telur ras berkualitas baik memiliki nilai rata-ratan Indeks Putih Telur (IPT) sebesar 0,067 yang masuk ke dalam mutu III (0,050-0,091) dan nilai rata-ratan Indeks Kuning Telur (IKT) sebesar 0,345 yang masuk ke dalam mutu III (0,330-0,393). Tiga puluh sampel telur buras berkualitas baik memiliki nilai rata-ratan Indeks Putih Telur (IPT) sebesar 0,059 yang masuk ke dalam mutu III dan nilai rata-ratan Indeks Kuning Telur (IKT) sebesar 0,338 yang masuk ke dalam mutu III.



Gambar 6. Isi telur (a) ras dan (b) buras kualitas baik

Hasil percobaan pada 30 sampel telur ras yang sudah disimpan selama 20 hari pada suhu ruangan menunjukkan semua telur telah mengalami penurunan kualitas, ditandai dengan kuning telur yang telah pecah dan pengenceran pada putih telur. Sehingga seluruh sampel telur tidak dapat diukur nilai indeksnya.



Gambar 7. Isi telur ras kualitas buruk (disimpan selama 20 hari)

Hasil percobaan pada 30 sampel telur buras yang sudah disimpan selama 20 hari pada suhu ruangan menunjukkan, mayoritas telur telah mengalami penurunan kualitas seperti kuning telur yang telah pecah dan pengenceran pada putih telur. Terdapat satu telur yang sangat busuk, telur menghasilkan ledakan ketika cangkangnya dipecahkan. Jumlah telur buras yang tidak dapat diukur nilai indeksnya yaitu 26 butir telur.

Tersisa 4 sampel telur yang masih bisa diukur nilai indeksnya. Setelah diukur, nilai IPT dan IKT keempat telur buras ini tidak termasuk ke dalam mutu I, mutu II, dan mutu III yang telah diatur SNI 3926:2008, sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat telur tersebut juga sudah tidak layak konsumsi.



Gambar 8. Isi telur buras kualitas buruk (disimpan selama 20 hari)

Tabel 5. Nilai rata-rata IPT dan IKT pada sampel telur ras dan buras

Jenis Telur	Rata-Rata Nilai		Mutu Putih Telur	Mutu Kuning Telur
	Indeks Putih Telur (IPT)	Indeks Kuning Telur (IKT)		
Ras Baik	0.06741743	0.344803365	Mutu III	Mutu III
Buras Baik	0.059295109	0.33778628	Mutu III	Mutu III

Pada Tabel 5, terdapat nilai rata-rata IPT dan IKT telur ras dan buras yang sebelumnya telah dikelompokkan ke dalam kategori kualitas baik. Dalam pengukuran terhadap 30 sampel telur ras baik dan 30 sampel telur buras baik didapatkan mutu III, yang menjelaskan bahwa telur yang dikategorikan dalam kualitas baik memang benar masih memiliki kualitas baik dilihat dari nilai IPT dan IKT-nya. SNI 3926:2008 mengatur standar telur ayam konsumsi yang di dalamnya termasuk telur ayam ras dan buras, juga memastikan bahwa telur ayam konsumsi yang beredar di masyarakat termasuk ke dalam cangkupan mutu yang telah diatur dalam SNI 3926:2008.

Hasil pengukuran pada penelitian ini diperkuat oleh penelitian terkait kualitas fisik dan mikrobiologi telur ayam ras di pasar tradisional oleh Afiyah & Rahmawati (2017). Menurut hasil penelitian tersebut, sampel telur ayam ras yang dijual di tiga pasar tradisional pada kota Kediri memiliki nilai IPT berkisar pada 0.088—0.099 yang masuk ke dalam mutu II—mutu III. Pengukuran ini juga diperkuat oleh penelitian milik Lupu *et al.* (2016). Dalam penelitian tersebut, telur ayam buras berumur 0 hari disimpan pada suhu kamar dan suhu lemari pendingin selama 25 hari dan diukur pada hari ke-10, 13, 16, 19, 22, dan 25. Hasil yang didapat yaitu nilai IKT telur ayam buras yang disimpan pada suhu kamar di hari ke-10 sudah tidak termasuk ke dalam mutu I, II, maupun III. Begitu juga pada nilai IPT telur ayam buras pada suhu ruangan, di hari ke-10 nilai IPT yang didapat tidak termasuk ke dalam mutu I, II, dan III. Dapat disimpulkan, telur ayam buras yang disimpan pada suhu ruang termasuk ke dalam kategori baik jika umur simpannya belum mencapai 10 hari.

KESIMPULAN

Alat pendeteksi kualitas telur berhasil dibuat dan mampu membedakan telur berkualitas baik dan buruk pada dua jenis telur, yaitu telur ayam ras dan telur ayam buras. Semua komponen alat menghasilkan *output* yang diharapkan kecuali pada komponen sensor MQ-2. Namun hanya dengan dua sensor dan sistem *fuzzy logic*, alat mampu memilah kualitas telur ayam ras dan buras dengan akurasi alat sebesar 97.77%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiyah, D.N. & Rahmawati, N. (2017). Kualitas Fisik dan Mikrobiologi Telur Ayam Ras di Pasar Tradisional Kota Kediri dalam *Seminar Nasional Hasil Penelitian Universitas Kanjuruhan Malang 2017*, Universitas PGRI Kanjuruhan, Malang, 1 Agustus 2017.
- Andani, S.R. (2013). *Fuzzy Mamdani dalam Menentukan Tingkat Keberhasilan Dosen Mengajar*. Makalah disampaikan dalam *Seminar Nasional Informatika (semnasIF 2013)*, UPN Veteran, Yogyakarta, 18 Mei 2013.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2016). *Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide and Carbonyl Sulfide*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Ayuningtias, L.P., Irfan, M. & Jumadi. (2017). Analisa perbandingan *logic fuzzy* metode *Tsukamoto*, *Sugeno*, dan *Mamdani* (studi kasus: prediksi jumlah pendaftaran mahasiswa

- baru fakultas sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika*, 10(1): 9–16.
- Azka, A.B.F., Kholis, M.N. & Utama, S.N. (2020). Rancang bangun alat deteksi dan sortasi mutu telur berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Agroindustrial Technology Journal*, 04(01): 41–52.
- Christover, D., Panca, A.Y., Purnomo, J.A. & Yusup, M.M. (2019). Rancang bangun alat pendeteksi kebusukan telur menggunakan metode fuzzy logic berbasis mikrokontroler arduino nano 328. *Jurnal Sains Terapan*, 5(1): 1–6.
- Hasugian, I.A., Sidauruk, P.H., & Zalukhu, A. (2020). Evaluasi ekonomi teknik pada usaha bengkel las (studi kasus bengkel las XYZ, Medan, Sumatra Utara). *Bulletin Utama Teknik*, 15(2): 190–195.
- Juansah, J., Irmansyah & Kusnadi. (2009). Sifat listrik telur ayam buras selama penyimpanan. *Media Peternakan*, 32(1): 22–30.
- Lupu, J.S.I., Wuri, D.A. & Detha, A.I.R. (2016). Perbandingan kualitas telur ayam kampung yang disimpan pada suhu ruangan dan suhu lemari pendingin ditinjau dari tinggi kantung hawa, indeks kuning telur, indeks albumin, *haugh unit* dan *total plate count* (TPC). *Jurnal Veteriner Nusantara*, 1(1): 46–52.
- Mahesa, I., Putrada, A.G. & Abdurohman, M. (2019). Egg quality detection system using fuzzy logic method. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 4(3): 207–216.
- Ningrum, F.C., Suherman, D., Aryanti, S., Prasetya, H.A. & Saifudin, A. (2019). Pengujian *blackbox* pada aplikasi sistem seleksi sales terbaik menggunakan teknik *equivalence partitions*. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 4(4): 125–130.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2017). *Outlook Telur*. Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian, Jakarta. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2017/Outlook%20Telur/files/assets/basic-html/page15.html> diakses 28 Januari 2021.
- (2018). *Statistik Konsumsi Pangan*. Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian, Jakarta. http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2018/Konsumsi/Statistik_Konsumsi_Pangan_Tahun_2018/files/assets/basic-html/page2.html
- Saelan, A. (2009). *Logika fuzzy*. Fakultas Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2009-2010/Makalah0910/MakalahStrukdis0910-107.pdf> diakses 4 Desember 2020.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Telur Ayam Konsumsi*. Badan Standardisasi Nasional, Indonesia. http://blog.ub.ac.id/cdrhprimasanti90/files/2012/05/13586SNI392620_08-Telur-Konsumsi.pdf diakses 15 Januari 2021.

