

## Monitoring Kualitas Telur Ayam Berdasarkan Kondisi Cangkang Menggunakan Arduino Nano dan Sensor LDR

Wardatul Mahbubah  
Eka Amalia

### **AFILIASI :**

Jurusan Fisika, Fakultas  
Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan, Universitas Jember

### **ALAMAT:**

Universitas Jember, Jalan  
Kalimantan Tegal Boto, Nomor 37,  
Jember, Jawa Timur 68121

### **KORESPONDENSI:**

Wardatul Mahbubah  
221810201017@mail.unej.ac.id  
+6285104008071

### **KATA KUNCI:**

Kualitas telur ayam  
Sensor LDR  
Mikrokontroler Arduino Nano  
Resistansi Cahaya  
Klasifikasi Otomatis

### **JEI**

<https://journal.unej.ac.id/JEI>  
jei@unej.ac.id  
FMIPA UNIVERSITAS JEMBER  
ISSN:3032 3398

### **ABSTRAK**

Kualitas cangkang telur ayam merupakan indikator penting di industri peternakan. Pemilihan kualitas telur biasanya dilakukan secara manual menjadikan kurang akurat dan memerlukan waktu lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas cangkang telur ayam dari dua sumber berbeda, yaitu telur dari peternak dan telur dari pasar menggunakan sensor LDR. Kualitas cangkang telur menunjukkan ketahanan fisik dan daya tahannya terhadap kerusakan. Salah satu indikator penting adalah ketebalan cangkang, yang diukur melalui nilai resistansi cahaya. Cangkang yang lebih tebal akan menghasilkan resistansi yang lebih tinggi, sementara cangkang yang lebih tipis menghasilkan nilai yang lebih rendah. Metode yang digunakan meliputi pengukuran nilai resistansi pada cangkang telur yang kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan uji t untuk menguji perbedaan kualitas antara kedua sumber tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telur dengan kualitas bagus (cangkang lebih tebal dan kuat) dengan nilai resistansi  $>500$ , sementara telur dengan kualitas buruk (cangkang lebih tipis dan rentan rusak) memiliki nilai  $<500$ . Uji t-statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas telur peternak dan pasar pada kategori bagus maupun buruk. Prediksi kualitas telur dengan menggunakan pengukuran resistansi, menunjukkan akurasi lebih tinggi pada kategori buruk, dengan nilai MSE dan RMSE yang lebih kecil. Penelitian ini mendukung penggunaan sensor LDR sebagai metode yang efektif dan praktis untuk menilai kualitas cangkang telur. Dengan sistem ini, telur dapat dipilah secara otomatis berdasarkan ketebalan cangkang, meskipun perlu diperhatikan faktor eksternal lainnya. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi untuk pengukuran kualitas telur di industri.

## PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu komoditas utama dalam industri peternakan unggas yang memiliki peran signifikan dalam menyediakan sumber protein hewani bagi masyarakat. Kandungan protein yang tinggi dan lengkap dengan asam amino esensial menjadikan telur sebagai patokan dalam mengukur kandungan protein suatu makanan. Selain itu, telur mudah diolah menjadi berbagai makanan bergizi secara cepat dan praktis, sehingga banyak digemari oleh masyarakat dari berbagai kalangan. Konsumsi telur yang tidak segar dan sudah rusak bisa membahayakan kesehatan. Berdasarkan standar dari Badan Standar Nasional Indonesia (BSN), masa penyimpanan telur ayam pada suhu ruang sebaiknya tidak lebih dari 14 hari setelah telur tersebut diproduksi. Distribusi telur yang cukup panjang sering kali menyebabkan telur yang diterima konsumen sudah berusia lebih dari 7 hari, sehingga penjual dan pembeli perlu memastikan kualitas telur dengan baik. Umumnya, penyortiran telur dilakukan secara tradisional, yakni dengan memeriksa kondisi cangkang untuk melihat apakah ada retakan, serta menerawangnya di bawah sinar matahari atau lampu, jika cangkang tampak terang dan cerah, telur tersebut dianggap masih segar dan berkualitas baik, sebaliknya, jika tampak gelap, besar kemungkinan telur tersebut sudah lama atau tidak layak konsumsi [1].

Menurut Mehaz dan Hendrawati (2023), kemajuan di bidang peternakan yang dapat memanfaatkan kemajuan teknologi untuk mempermudah pekerjaan salah satunya adalah dalam proses penyeleksian telur. Saat ini, penyeleksian telur masih dilakukan secara manual, di mana telur dianggap baik jika tampak terang saat diterawang, dan buruk jika gelap, dengan adanya alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino, proses seleksi telur dapat dilakukan secara otomatis, mempermudah pekerjaan tersebut [2]. Teknologi yang digunakan memiliki prinsip

kerja yang serupa dengan metode peneropongan. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah penggunaan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Beberapa penelitian telah memanfaatkan sensor ini untuk membantu proses sortir telur. Sensor LDR banyak digunakan untuk meneropong telur dengan cahaya guna mendeteksi apakah telur berada dalam kondisi baik atau buruk. Penggunaan sensor ini sangat efektif dalam meminimalisir pekerjaan manual yang sebelumnya dilakukan.

Penelitian terkait deteksi dan pemilahan kualitas telur ayam telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan teknologi. Salah satu teknologi yang diterapkan adalah penggunaan gelombang ultrasonik untuk mengevaluasi kualitas cangkang telur, seperti yang dilakukan oleh Amini dkk (2022), yang menunjukkan efektivitas teknik non-destruktif ini dalam mengukur ketebalan dan kekuatan cangkang telur. Meskipun begitu, penelitian ini masih menghadapi kendala terkait peralatan khusus yang mahal dan kebutuhan kalibrasi yang rumit, yang membatasi aplikasi praktis pada peternakan berskala kecil [3].

Faisal dan Purwoto (2024) mengembangkan prototipe konveyor otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk menyortir telur berdasarkan kualitasnya. Meskipun dapat meningkatkan efisiensi pemilahan, penelitian ini mengandalkan koneksi internet yang rentan terhadap gangguan dan kurang efektif dalam mendeteksi keretakan halus, terutama pada telur yang kotor. Oleh karena itu, pendekatan berbasis mikrokontroler seperti Arduino Nano yang lebih ekonomis menjadi solusi potensial yang lebih efisien dan mudah digunakan [4].

Sementara itu, penelitian oleh Mehaz dan Hendrawati (2023), sebelumnya juga mengembangkan alat sortir telur berbasis IoT yang dapat mengukur kualitas telur berdasarkan parameter seperti berat, ukuran, dan kondisi cangkang. Meskipun demikian, tantangan yang dihadapi adalah ketergantungan pada koneksi internet dan

faktor lingkungan seperti debu atau kelembapan yang dapat memengaruhi kinerja sensor, yang membuat implementasi sistem ini tidak selalu optimal pada peternakan berskala kecil atau daerah dengan akses internet terbatas [2].

Penelitian lain oleh Khaliduzzaman dkk (2020), pernah melakukan dengan memanfaatkan gelombang terahertz untuk mengukur ketebalan cangkang telur dengan akurasi tinggi. Teknik ini memungkinkan pengukuran yang non-destruktif, namun biaya peralatan yang tinggi dan kebutuhan kalibrasi presisi menjadi kendala utama, sehingga hanya cocok untuk industri besar dengan sumber daya yang memadai. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi canggih menawarkan akurasi tinggi, aplikasinya di industri telur dapat terbatas oleh faktor biaya [5].

Dalam upaya untuk mengurangi biaya operasional, penelitian oleh Irfan dkk (2021), berfokus pada penggunaan mikrokontroler Arduino Nano untuk mendeteksi kualitas telur, seperti berat, kekuatan cangkang, dan kebersihan telur. Pendekatan ini lebih terjangkau dan dapat diakses oleh peternakan kecil dan menengah, sekaligus menawarkan efisiensi dalam pemilahan telur tanpa membutuhkan perangkat mahal. Keunggulan lain dari sistem ini adalah kemudahan dalam pemeliharaan dan kalibrasi, yang menjadikannya solusi praktis untuk industri telur dengan sumber daya terbatas [6].

Soltani, Omid, dan Alimardani (2015), menerapkan jaringan saraf buatan (ANN) untuk memprediksi kualitas telur berdasarkan sifat dielektrik dan visual. Meskipun metode ini menawarkan akurasi yang baik, penggunaan ANN memerlukan data yang lebih besar dan proses pelatihan yang kompleks. Oleh karena itu, meskipun potensinya besar dalam prediksi kualitas telur, penelitian ini lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan analisis lebih mendalam dan pengolahan data besar [7].

Penelitian oleh Sela dan Ihsan (2017), melakukan dengan mengembangkan metode deteksi kualitas telur dengan

menganalisis tekstur cangkang menggunakan teknik pengolahan citra, dengan menggunakan gambar digital telur dan analisis statistik, metode ini dapat mengidentifikasi pola tekstur permukaan cangkang, namun kendala utama terletak pada pengaruh pencahayaan dan pengaturan sudut gambar yang harus sangat presisi agar hasilnya optimal. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa meskipun pengolahan citra dapat menjadi metode yang efektif, faktor lingkungan dan teknik pengambilan gambar perlu diperhatikan dengan cermat [8].

Jiang, Wu, dan Li (2021), menerapkan model *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis *GoogLeNet* untuk mendeteksi telur dengan bercak gelap. Meskipun model ini efektif dalam klasifikasi gambar dan memiliki akurasi tinggi, kendalanya adalah dalam pengumpulan data gambar yang bervariasi, termasuk kondisi pencahayaan dan latar belakang yang memengaruhi hasil. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang penerapan teknologi pembelajaran mendalam dalam deteksi kualitas telur, namun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat diterapkan secara luas di industri telur [9].

Narushin dkk (2024), juga mengembangkan teknologi non-destruktif untuk mengontrol masa penyimpanan telur ayam dengan mengukur berbagai parameter fisik telur. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi ultrasonik dan sensor optik dapat digunakan untuk mengevaluasi ketebalan cangkang, kekuatan, dan kualitas interior telur tanpa merusaknya. Meskipun begitu, teknik ini masih memerlukan pengendalian lingkungan yang baik untuk mengoptimalkan akurasi pengukuran, dan tantangan terkait implementasi di lapangan tetap ada [10].

Penelitian oleh Saleh dkk (2020), juga meneliti menggunakan desain eksperimen untuk mengevaluasi kualitas telur dan faktor terkait seperti ketebalan cangkang dan oksidasi lipid pada ayam petelur. Pendekatan ini memberikan wawasan tentang faktor yang memengaruhi kualitas telur, namun lebih difokuskan pada analisis laboratorium

ketimbang implementasi langsung dalam sistem pemilahan otomatis. Hal ini membuka ruang untuk penelitian yang menggabungkan metode ini dengan teknologi otomatisasi untuk deteksi kualitas telur secara efisien [11].

Beragam metode yang telah dikembangkan oleh penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk mengisi gap yang ada dengan mengembangkan sistem pemilahan dan pendeteksi kualitas telur berbasis mikrokontroler, seperti Arduino Nano, yang lebih ekonomis, mudah dioperasikan, dan dapat diakses oleh peternak kecil dan menengah. Dibandingkan dengan teknologi yang lebih kompleks dan mahal, pendekatan ini menawarkan solusi yang lebih praktis dan fleksibel, yang relevan dengan kebutuhan industri telur saat ini.

Penelitian ini berkontribusi dalam mengembangkan metode deteksi kualitas telur yang lebih efisien, praktis, dan ekonomis dengan menggunakan teknologi berbasis mikrokontroler seperti Arduino Nano. Teknologi ini bertujuan untuk menggantikan sistem pemilahan telur yang mahal dan rumit dengan solusi yang dapat diakses oleh peternak berskala kecil hingga menengah. Penelitian ini dikaji untuk memperkenalkan inovasi dalam pemilahan telur yang sebelumnya sulit dijangkau oleh peternak kecil. Penggunaan mikrokontroler membuka peluang untuk peningkatan akurasi pemilahan telur berdasarkan berbagai parameter kualitas, seperti kekuatan cangkang yang secara langsung berdampak pada peningkatan efisiensi produksi dan mengurangi kerugian akibat telur cacat.

Penelitian ini memiliki ruang lingkup yang terbatas pada pengembangan dan pengujian sistem pemilahan telur berbasis mikrokontroler, dengan fokus utama pada parameter kualitas cangkang telur. Penelitian ini tidak mencakup analisis parameter kualitas telur lainnya, seperti kandungan nutrisi atau kualitas bagian dalam. Selain itu, penelitian ini hanya memanfaatkan sensor optik untuk mendeteksi kondisi luar telur, tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban atau suhu yang dapat

memengaruhi hasil deteksi. Variabel yang diteliti mencakup kualitas telur dalam hal kekuatan cangkang dan kebersihannya, serta kemampuan mikrokontroler dalam memproses data dari sensor untuk menghasilkan *output* yang dapat digunakan dalam pemilahan otomatis.

## METODE

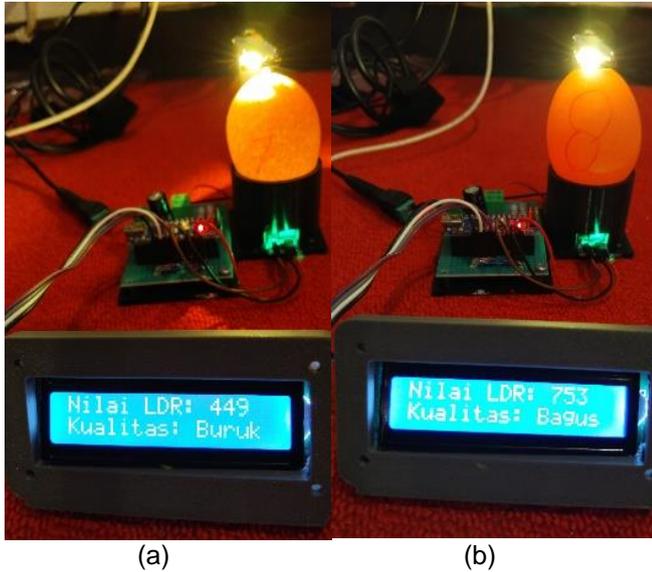
Penelitian ini menggunakan desain observasional kuantitatif untuk mengamati karakteristik kualitas telur ayam dari dua sumber berbeda, yaitu peternak dan pasar. Pendekatan kuantitatif diterapkan untuk mengukur variasi kualitas telur berdasarkan parameter yang terukur yaitu pengukuran nilai resistansi telur. Penelitian ini melibatkan dua kelompok data, yaitu "Telur Ayam Peternak" dan "Telur Ayam Pasar", yang dikelompokkan untuk membandingkan kualitas telur dari sumber yang berbeda. Sampel diambil secara acak dari telur ayam peternak dan pasar, dengan tiga kali pengukuran pada setiap sampel guna meningkatkan keakuratan hasil pengukuran.

### Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data kuantitatif berupa tiga kali pengulangan pengukuran untuk setiap sampel telur, serta data kualitatif berupa penilaian kualitas telur, yang dikategorikan sebagai "Bagus" atau "Buruk". Setiap pengulangan berisi nilai pengukuran resistansi telur dan hasil kualitas telur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data kualitas cangkang telur berdasarkan nilai resistansi cahaya yang diukur menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor) dari dua sumber sampel berbeda, yaitu telur dari peternak dan dari pasar. Sampel telur yang digunakan terdiri dari 10 biji telur ayam peternak dan 9 biji telur ayam pasar, dengan masing-masing sampel diukur sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan hasil. Total data yang diperoleh adalah 57 data resistansi cahaya, yang terdiri dari 30 data untuk telur peternak dan 27 data untuk telur pasar. Kualitas telur dikelompokkan berdasarkan nilai resistansi cahaya yang

tercatat, dengan telur berkualitas baik memiliki resistansi cahaya yang rendah (menunjukkan cahaya lebih banyak diteruskan) dan telur berkualitas buruk memiliki resistansi cahaya yang tinggi (menunjukkan cahaya lebih sedikit diteruskan). Metode sampling yang digunakan dengan *random sampling*.

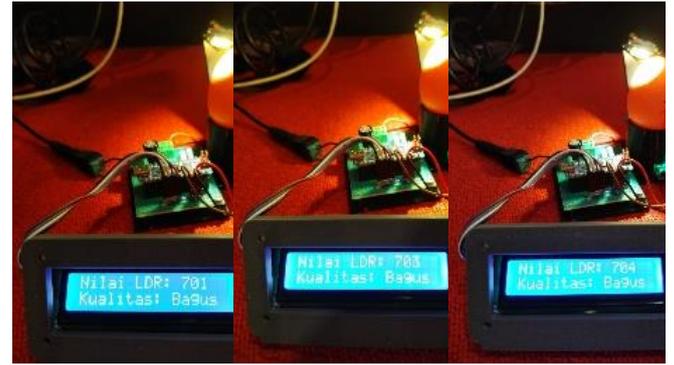


(a) (b)  
Gambar 1. Pengumpulan data (a) telur dengan kualitas buruk dan (b) telur dengan kualitas baik

Pengumpulan data kriteria kualitas telur ditunjukkan oleh gambar 1. Jenis sampel yang digunakan yaitu telur peternak dan telur pasar. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur nilai resistansi telur pada masing-masing sampel untuk menentukan kualitas cangkang telur.

### Klasifikasi

Kriteria kualitas telur dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai resistansi cahaya (LDR) dan karakteristik fisik cangkang. Telur dengan nilai resistansi tinggi, yang menunjukkan lebih banyak cahaya diteruskan melalui cangkang, diklasifikasikan sebagai kualitas "Bagus". Secara spesifik, telur dalam kategori ini memiliki nilai resistansi di atas nilai 500 yang ditentukan melalui analisis data eksperimen, serta memenuhi kriteria fisik seperti tidak adanya retakan atau cacat, warna cangkang yang seragam tanpa bercak, dan ketebalan cangkang yang cukup kuat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. (a)-(c).



(a) (b) (c)  
Gambar 2. Pengukuran kualitas cangkang telur yang "Bagus" (a) pengulangan pertama, (b) pengulangan kedua, dan (c) pengulangan ketiga.

Klasifikasi tersebut disajikan pada tabel 1.



(a) (b) (c)  
Gambar 3. Pengukuran kualitas cangkang telur yang "Buruk" (nilai resistansi < 500): (a) pengulangan pertama, (b) pengulangan kedua, dan (c) pengulangan ketiga.

**Tabel 1.** Tabel Hasil Klasifikasi Sampel Telur Ayam Peternak dan Pasar

Sampel	Pengulangan			Kriteria Resistansi
	1	2	3	
Bagus	Gambar 2a	Gambar 2b	Gambar 2c	(>500) lebih dari 500
Buruk	Gambar 3a	Gambar 3b	Gambar 3c	(<500) kurang dari 500

Sebaliknya, telur dengan nilai resistansi tinggi, yang menunjukkan cahaya lebih sedikit diteruskan, dikategorikan sebagai kualitas "Buruk". Telur dalam kategori ini memiliki nilai resistansi sama dengan atau kurang dari nilai 500, serta cangkangnya cenderung memiliki retakan kecil atau cacat, warna yang tidak seragam dengan bercak atau noda, dan ketebalan cangkang yang tipis sehingga mudah pecah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. (a)-(c). Nilai resistansi ini ditentukan dari hasil distribusi data resistansi yang

diperoleh selama pengukuran, seperti dengan melihat rata-rata atau rentang nilai yang dominan, untuk memastikan klasifikasi didasarkan pada analisis statistik yang objektif.

## Pengolahan dan Analisis Data

Penelitian ini melibatkan beberapa langkah validasi untuk memastikan keakuratan hasil dan meminimalkan potensi kesalahan pengukuran. Data yang divalidasi meliputi hasil kalibrasi sensor LDR, pengukuran ulang sampel, dan stabilitas lingkungan pengukuran. Sensor LDR dikalibrasi sebelum setiap sesi pengukuran menggunakan resistansi standar yang diketahui, untuk memastikan pengukuran tetap konsisten. Sampel telur dari peternak (10 biji) dan pasar (9 biji) masing-masing diukur tiga kali, menghasilkan total 57 data resistansi cahaya, yang dianalisis dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi untuk menilai stabilitas data. Lingkungan pengukuran, termasuk suhu dan pencahayaan, dijaga tetap stabil selama eksperimen, dan data kondisi lingkungan dicatat untuk setiap sesi guna mengidentifikasi potensi fluktuasi yang dapat memengaruhi hasil. Data resistansi cahaya dibandingkan dengan kriteria kualitas telur ("Bagus" atau "Buruk") untuk setiap kategori. Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan metode statistik seperti perhitungan distribusi data dan uji t, untuk mengevaluasi perbedaan signifikan antara kualitas telur dari peternak dan dari pasar. Proses analisis dimulai dengan pemeriksaan distribusi data untuk memastikan normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk atau visualisasi seperti histogram dan box plot. Uji Shapiro-Wilk adalah metode statistik yang menghasilkan nilai p-value untuk menunjukkan apakah distribusi data berbeda secara signifikan dari distribusi normal. Jika nilai p lebih besar dari 0.05, data dianggap berdistribusi normal; jika lebih kecil dari 0.05, data tidak memenuhi asumsi normalitas. Selain itu, histogram digunakan untuk memvisualisasikan distribusi data, di mana bentuk lonceng simetris menunjukkan data cenderung normal. Visualisasi boxplot juga digunakan untuk memberikan gambaran tentang persebaran

data, dengan menunjukkan nilai minimum, kuartil pertama, median, kuartil ketiga, dan maksimum. Jika tidak terdapat pencilan yang ekstrem dan data simetris di sekitar median, maka data cenderung normal. Langkah-langkah ini penting untuk memastikan bahwa asumsi normalitas terpenuhi sebelum menerapkan uji statistik parametrik seperti uji t-test. Jika asumsi ini tidak terpenuhi, metode non-parametrik mungkin diperlukan sebagai alternatif.

Apabila data memenuhi asumsi normalitas, uji t-independen digunakan untuk membandingkan rata-rata kualitas telur antara kedua kelompok. Langkah ini melibatkan pengujian hipotesis nol yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara kedua kelompok. Nilai t-statistik dan p-value dianalisis untuk menentukan signifikansi hasil, dengan kriteria bahwa p-value kurang dari 0,05 menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Hasil uji t-statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas telur peternak dan pasar, baik untuk kategori 'Bagus' maupun 'Buruk,' yang ditunjukkan oleh nilai p yang lebih besar dari 0,05. Selain itu, untuk mengevaluasi tingkat error pengukuran, metrik MSE (Mean Squared Error) dan RMSE (Root Mean Squared Error) dihitung. Nilai MSE dan RMSE menunjukkan sejauh mana model mampu mengukur kualitas telur secara konsisten. Langkah-langkah ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kualitas telur sekaligus memastikan validitas hasil analisis statistik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data dan Temuan

Data yang dihasilkan termasuk dalam data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang dinyatakan dalam bentuk angka dan dapat diukur secara objektif, seperti nilai resistansi yang diukur. Setiap pengulangan pengukuran (Pengulangan 1, Pengulangan 2, Pengulangan 3) memiliki nilai numerik yang dapat dianalisis menggunakan metode statistik, seperti menghitung rata-rata, standar deviasi, dan melakukan uji statistik (misalnya,

uji-t dan MSE/RMSE) untuk membandingkan antara kualitas telur dari peternak dan pasar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa telur dari sumber yang berbeda memiliki variasi nilai LDR, yang mengindikasikan perbedaan kualitas cangkang. Berdasarkan data, nilai rata-rata LDR pada telur kualitas "Bagus" lebih tinggi dibandingkan telur kualitas "Buruk" di kedua sumber (telur ayam peternak dan telur ayam pasar). Telur dengan kualitas "Bagus" memiliki nilai LDR rata-rata di atas 500, sementara telur dengan kualitas "Buruk" memiliki nilai rata-rata di bawah 500. Hasil pengukuran disajikan dalam bentuk tabel 2. dan tabel 3.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengamatan Telur Ayam dari Peternak

Sampel	Pengulangan			Kualitas
	1	2	3	
1	701	703	704	Bagus
2	694	693	696	Bagus
3	767	768	770	Bagus
4	801	800	799	Bagus
5	829	828	830	Bagus
6	499	498	496	Buruk
7	450	452	449	Bagus
8	753	754	752	Bagus
9	731	733	734	Bagus
10	599	601	602	Bagus

**Tabel 3.** Data Hasil Pengamatan Telur Ayam dari Pasar

Sampel	Pengulangan			Kualitas
	1	2	3	
1	794	795	796	Bagus
2	497	496	495	Buruk
3	862	864	861	Bagus
4	679	680	862	Bagus
5	834	632	833	Bagus
6	864	865	863	Bagus
7	607	610	608	Bagus
8	790	791	788	Bagus
9	725	726	724	Bagus

Data tabel 2 diatas merupakan data pengukuran kualitas telur ayam dari sumber telur ayam peternak. Data ini terdiri dari tiga kali pengulangan pengukuran nilai resistansi cahaya atau LDR untuk setiap telur yang diukur, serta klasifikasi kualitas telur tersebut menjadi "Bagus" atau "Buruk." Hasil sampel yang didapat sebanyak 10 sampel. Data ini

digunakan untuk analisis lebih lanjut, yaitu membandingkan kualitas telur dari peternak dan pasar, melakukan analisis statistik (uji-t, statistik deskriptif).

Data tabel 3 diatas merupakan data pengukuran kualitas telur ayam sumber telur ayam pasar. Data ini terdiri dari tiga kali pengulangan pengukuran nilai resistansi cahaya atau LDR untuk setiap telur yang diukur, serta klasifikasi kualitas telur tersebut menjadi "Bagus" atau "Buruk." Sampel yang digunakan sebanyak 9 sampel. Data ini digunakan untuk analisis lebih lanjut, yaitu membandingkan kualitas telur dari peternak dan pasar, melakukan analisis statistik (uji-t, statistik deskriptif). Hasil analisis statistik deskriptif dan uji-t masing-masing disajikan pada tabel 4. dan tabel 5.

**Tabel 4.** Hasil Data Statistik Deskriptif dari Pengukuran Kualitas Cangkang Telur Ayam Peternak dan Telur Ayam Pasar

	Pengulangan pada Telur Peternak		
	1	2	3
count	10.00	10.00	10.00
mean	682.40	683.00	683.20
std	126.99	126.62	127.75
min	450.00	452.00	449.00
25%	622.75	624.00	625.50
50%	716.00	718.00	719.00
75%	763.50	764.50	765.50
max	829.00	828.00	830.00

	Pengulangan pada Telur Pasar		
	1	2	3
count	9.00	9.00	9.00
mean	739.11	739.89	738.89
std	125.09	125.16	124.96
min	497.00	496.00	495.00
25%	679.00	680.00	682.00
50%	790.00	791.00	788.00
75%	834.00	832.00	833.00
max	864.00	865.00	863.00

Tabel 4. merupakan tabel statistik deskriptif pengukuran kualitas cangkang telur ayam peternak dan ayam telur pasar, yang diperoleh dari tiga kali pengulangan pengukuran nilai resistansi cahaya atau LDR. Statistik deskriptif ini merangkum karakteristik utama data yang mencakup jumlah pengamatan (*count*), rata-rata (*mean*), simpangan baku (*std*), nilai minimum (*min*), persentil (25%, 50%, dan 75%), serta nilai maksimum (*max*) untuk masing-masing

pengulangan. Statistik seperti rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*std*) membantu memahami distribusi data, seberapa tersebar datanya, dan kecenderungan nilai pusatnya. Selain itu, nilai minimum (*min*) dan maksimum (*max*) berguna untuk mendeteksi kemungkinan adanya nilai ekstrem atau menyimpang yang dapat memengaruhi analisis.

**Tabel 5.** Hasil Analisis Metode Uji T-Statistik Pengukuran Kualitas Cangkang Telur.

<b>T-stastik untuk 'Bagus'</b>	<b>: -1.53</b>
Nilai p untuk 'Bagus'	: 0.13
T-stastik untuk 'Buruk'	: 1.58
Nilai p untuk 'Buruk'	: 0.20
Tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas 'Bagus' telur peternak dan pasar	
Tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas 'Buruk' telur peternak dan pasar	
MSE (Mean Squared Error) untuk 'Bagus'	: 2.45
RMSE (Root Mean Squared Error) untuk 'Bagus'	: 1.56
MSE (Mean Squared Error) untuk 'Buruk'	: 0.0007
RMSE (Root Mean Squared Error) untuk 'Buruk'	: 0.026

Tabel 5 merupakan data hasil analisis statistik (uji-t) dari pengukuran kualitas cangkang telur berdasarkan nilai LDR (resistensi cahaya) yang telah dipisahkan menjadi dua kategori: kualitas "Bagus" dan "Buruk". Data ini mencakup telur dari dua sumber, yaitu telur ayam dari peternak dan telur ayam dari pasar. Hasil analisis menunjukkan nilai t-statistik, nilai p, MSE dan RMSE pada metode uji t-statistik.

Gambar 4. merupakan box plot yang menunjukkan perbandingan kualitas telur "Bagus" dan "Buruk" dari dua sumber berbeda, yaitu "Peternak" dan "Pasar". Pada sumbu vertikal, terdapat nilai pengukuran kualitas telur. Berdasarkan grafik, rentang kualitas telur dari pasar tampak lebih tinggi dibandingkan dari peternak, dengan nilai tengah (*median*) dari pasar sedikit lebih tinggi. Ini mengindikasikan bahwa kualitas telur di pasar secara umum lebih konsisten dan lebih baik daripada telur dari peternak. Namun, hasil ini tidak berarti telur peternak lebih buruk. Telur dari pasar mungkin telah mengalami proses seleksi ketat, hanya telur berkualitas terbaik yang diperjual belikan. Sebaliknya, telur segar

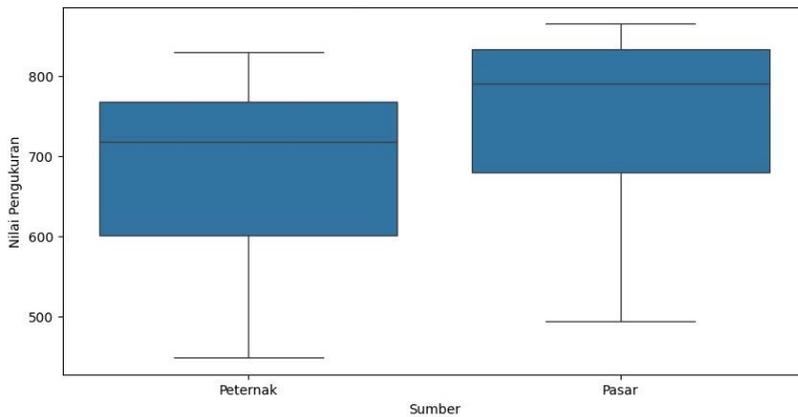
dari peternak lebih alami dan belum mendapat perlakuan tambahan, sehingga cenderung menunjukkan variasi kualitas yang lebih besar. Perbedaan ini lebih mencerminkan variasi proses penanganan dan seleksi daripada kualitas telur sebenarnya

Gambar 5. menunjukkan grafik *density plot* yang membandingkan distribusi kualitas telur "Bagus" dan "Buruk" dari dua sumber, yaitu "Peternak" dan "Pasar". Grafik pertama memperlihatkan distribusi kualitas telur "Bagus", di mana telur dari pasar cenderung memiliki nilai pengukuran lebih tinggi dibandingkan telur dari peternak. Grafik kedua menunjukkan distribusi kualitas telur "Buruk", dengan hasil yang mengindikasikan bahwa telur dari peternak memiliki persebaran kualitas yang lebih rendah dibandingkan telur dari pasar. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik kualitas antara telur dari peternak dan pasar, baik pada kategori "Bagus" maupun "Buruk"

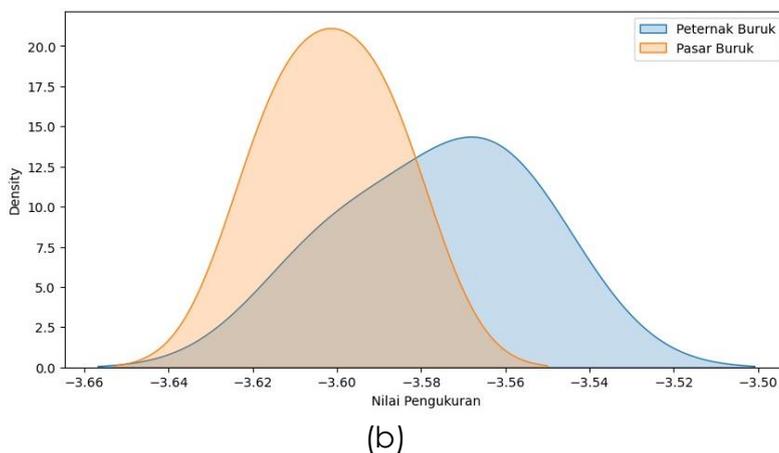
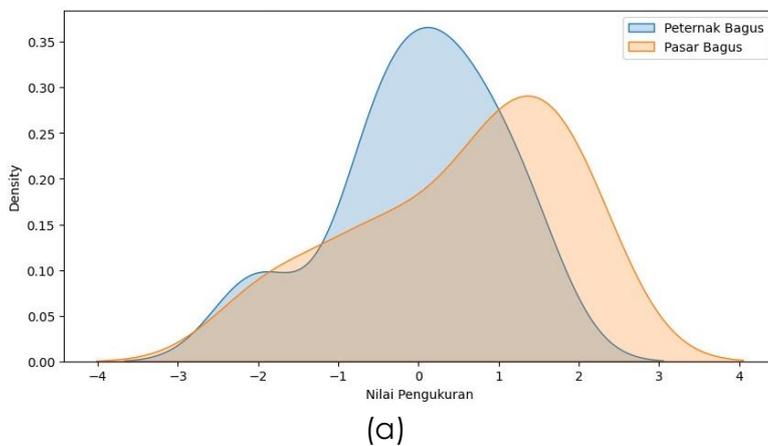
#### Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kualitas cangkang telur dari dua sumber berbeda, yaitu telur peternak dan telur pasar, berdasarkan nilai resistansi cahaya (LDR). Telur dengan kualitas "Bagus" menunjukkan nilai LDR rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan telur dengan kualitas "Buruk," mendukung hipotesis bahwa telur dari peternak cenderung memiliki kualitas yang lebih baik. Nilai resistansi cahaya (LDR) yang tinggi menunjukkan bahwa cangkang telur lebih tebal dan lebih mampu memantulkan cahaya.

Berdasarkan hasil analisis uji t-statistik pada pengukuran kualitas cangkang telur, diketahui bahwa T-statistik untuk kategori "Bagus" adalah -1,533, dengan nilai p sebesar 0,132. Nilai p ini lebih besar dari tingkat signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ), sehingga tidak terdapat perbedaan signifikan antara kualitas cangkang telur



**Gambar 4.** Hasil *box plot* kualitas 'bagus' dan 'buruk' telur peternak dan pasar



**Gambar 5.** Plot perbandingan densitas telur dari peternak dan pasar yang (a) bagus dan (b) buruk.

Hal ini mencerminkan adanya sedikit ketidakakuratan pada prediksi kualitas "Bagus," meskipun nilainya masih tergolong dapat diterima. Sementara itu, untuk kategori "Buruk," MSE tercatat sangat kecil, yaitu

0.00068, dengan RMSE sebesar 0.026, yang mengindikasikan bahwa prediksi cukup akurat dengan tingkat kesalahan yang minimal. Hasil MSE dan RMSE ini menunjukkan bahwa prediksi untuk kualitas "Buruk" lebih akurat

Kategori "Bagus" dari peternak dan pasar. T-statistik untuk kategori "Buruk" adalah 1,581, dengan nilai p sebesar 0,200. Nilai p ini juga lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga tidak terdapat perbedaan signifikan antara kualitas cangkang telur kategori "Buruk" dari peternak dan pasar. Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa kualitas cangkang telur yang diperoleh dari peternak dan pasar tidak menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik untuk kedua kategori "Bagus" maupun "Buruk." Dengan demikian, baik pada kategori "Bagus" maupun "Buruk," kualitas telur dari peternak dan pasar relatif sama, tanpa perbedaan signifikan yang disebabkan oleh sumber asal.

Grafik *density* pada Gambar 5 juga membantu dalam visualisasi keseragaman distribusi kualitas telur dari kedua sumber. Distribusi yang serupa ini mendukung hasil uji t-statistik yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam kualitas antara telur peternak dan pasar, baik pada kategori "Bagus" maupun "Buruk." Pengukuran MSE dan RMSE digunakan untuk menilai tingkat kesalahan prediksi dalam kategori kualitas. Pada kategori "Bagus," MSE adalah 2.452 dan RMSE adalah 1.566, yang menunjukkan adanya variasi atau kesalahan rata-rata sebesar 1.566 unit antara nilai prediksi dan aktual.

dibandingkan dengan kualitas "Bagus," yang mungkin disebabkan oleh variasi yang lebih rendah pada data cangkang telur berkualitas "Buruk". Temuan ini menegaskan bahwa faktor sumber tidak mempengaruhi kualitas secara signifikan, dan pengukuran prediksi dengan MSE dan RMSE mendukung kesimpulan tersebut, terutama pada data cangkang telur dengan kualitas rendah.

Perbedaan kualitas antara telur peternak dan telur pasar dapat dijelaskan melalui analisis data yang menunjukkan variasi dalam nilai rata-rata dan penyebarannya. Telur dari peternak cenderung memiliki rata-rata nilai resistansi cahaya yang lebih konsisten, yang dapat mengindikasikan kondisi penyimpanan yang lebih terkontrol serta kualitas cangkang yang lebih baik. Sebaliknya, telur pasar menunjukkan nilai yang lebih bervariasi, kemungkinan akibat perbedaan metode distribusi, durasi penyimpanan, dan kondisi lingkungan selama proses tersebut. Selain itu, perbedaan jenis pakan dan perawatan ayam petelur di peternakan dibandingkan dengan telur yang berasal dari rantai pasar juga memengaruhi kualitas. Berdasarkan hasil data yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas buruk pada telur peternak lebih banyak dari pada telur pasar, hal ini bisa dapat disebabkan oleh cangkang telur yang mengalami keretakan karena telur peternak bisa lebih rentan mengalami keretakan jika sering terkena senggolan ayam, terutama jika telur diletakkan langsung di sarang tanpa perlindungan atau bantalan. Saat ayam bergerak di dalam kandang atau sarang, telur yang sudah dikeluarkan dapat tersenggol oleh kaki atau tubuh ayam, yang berpotensi menyebabkan keretakan, terutama jika cangkangnya tipis, faktor lainnya yaitu terlalu banyak ayam dalam satu kandang, ayam dapat mengalami stres, yang memengaruhi kualitas cangkang telur. Data nilai resistansi telur yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata resistansi dari telur peternak menunjukkan kualitas telurnya lebih *fresh* dari telur pasar. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor lain seperti proses distribusi yang lebih lama pada telur pasar, yang berkontribusi terhadap degradasi kualitas yang tercatat dalam hasil pengukuran.

Penelitian ini berfokus pada pengukuran kualitas cangkang telur menggunakan sensor resistansi cahaya (LDR) untuk membedakan kualitas telur dari peternak dan pasar. Sementara itu, penelitian oleh [2] menggunakan alat berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk menyortir kualitas telur berdasarkan berat, ukuran, dan kondisi fisik seperti kebersihan dan keretakan. Meskipun menggunakan metode sensor yang berbeda, kedua pendekatan ini saling melengkapi. Pengukuran menggunakan LDR dapat memberikan gambaran mendalam tentang kualitas cangkang telur, sedangkan pengukuran berat dan ukuran dapat membantu mengidentifikasi telur yang tidak memenuhi standar. Selain itu, penelitian oleh [6], juga meneliti kualitas cangkang telur dengan pendekatan berbasis mikrokontroler Arduino Nano, mengukur parameter fisik seperti kekuatan dan kebersihan cangkang. Tujuan utama penelitian Irfan dkk, adalah menciptakan sistem pemilahan kualitas telur yang terjangkau dan praktis, yang dapat diakses oleh peternakan kecil dan menengah. Penelitian [6], mengandalkan mikrokontroler Arduino Nano yang relatif murah dan mudah dikalibrasi, dengan fokus pada pembuatan prototipe pemilahan telur yang sederhana dan ekonomis tanpa memerlukan peralatan mahal. Penelitian kedua pendekatan tersebut, memiliki kekurangan masing-masing, akan tetapi jika dilakukan dengan menggabungkan perbandingan ketiga pendekatan tersebut dapat diperoleh penilaian kualitas telur yang lebih akurat, menyeluruh, dan terjangkau bagi peternakan kecil dan menengah.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kualitas dan keandalan hasil di masa depan. Pertama, terdapat variabilitas suhu yang mungkin memengaruhi nilai LDR (resistansi cahaya) selama pengukuran. Variasi suhu ini dapat menyebabkan fluktuasi pada hasil pengukuran, yang pada akhirnya memengaruhi konsistensi data. Oleh karena itu, kontrol suhu yang lebih ketat atau lingkungan pengukuran yang stabil perlu diterapkan untuk mengurangi pengaruh suhu

pada nilai LDR, sehingga hasil pengukuran lebih akurat dan andal.

Selain itu, keterbatasan lain terletak pada metode uji t-statistik yang digunakan. Uji t-statistik bertujuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata nilai LDR dari kedua kelompok dalam kategori kualitas "Bagus" dan "Buruk." Dalam penelitian ini, uji t-statistik menunjukkan bahwa nilai p pada kedua kategori lebih besar dari 0.05, yang berarti tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas telur dari peternak dan pasar, baik untuk telur dengan kategori kualitas "Bagus" maupun "Buruk." Meski begitu, uji t-statistik memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, uji ini hanya efektif untuk data yang terdistribusi normal. Jika data tidak memenuhi asumsi distribusi normal atau memiliki outlier signifikan, hasilnya mungkin kurang akurat atau valid. Selain itu, uji t-statistik sangat bergantung pada ukuran sampel. Jumlah sampel yang terlalu kecil bisa membuat uji ini kurang sensitif dalam mendeteksi perbedaan, sementara jumlah sampel yang terlalu besar bisa membuat perbedaan kecil menjadi signifikan secara statistik meskipun tidak signifikan secara praktis.

Uji t-statistik juga hanya mengukur perbedaan rata-rata antara dua kelompok dan tidak memberikan informasi detail mengenai variabel mana yang paling berpengaruh pada kualitas telur. Dalam kasus penelitian dengan variabel yang lebih kompleks, metode ini mungkin tidak cukup, sehingga diperlukan pendekatan tambahan seperti model pembelajaran mesin. Keterbatasan lain yang juga penting adalah terkait dengan representativitas sampel. Sampel telur yang digunakan mungkin belum sepenuhnya mencerminkan populasi telur secara keseluruhan, baik dari peternak maupun pasar. Jumlah sampel yang terbatas dapat membatasi generalisasi hasil, sehingga penelitian di masa depan sebaiknya melibatkan jumlah sampel yang lebih besar dan beragam untuk memastikan representasi yang lebih akurat. Hal ini penting untuk mendapatkan hasil yang lebih dapat digeneralisasi dan menangkap variasi kualitas

yang mungkin ada di populasi telur yang lebih luas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode pengukuran resistansi LDR dapat diandalkan untuk mengidentifikasi kualitas cangkang telur, terutama dalam membedakan telur peternak dengan telur pasar.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis kualitas cangkang telur dari dua sumber, yaitu telur peternak dan telur pasar, berdasarkan nilai resistansi cahaya (LDR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa telur dengan kualitas "Bagus" memiliki nilai rata-rata LDR lebih tinggi (di atas 500), mengindikasikan cangkang yang lebih tebal dan ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan fisik dibandingkan telur "Buruk," yang memiliki nilai LDR di bawah 500. Pada penelitian ini juga ditemukan bahwa distribusi resistansi cahaya pada telur peternak lebih konsisten dibandingkan telur pasar, yang mencerminkan kontrol yang lebih baik terhadap penyimpanan dan distribusi di tingkat peternakan, sementara variasi pada telur pasar kemungkinan disebabkan oleh proses seleksi, durasi penyimpanan, dan kondisi distribusi. Penelitian ini mendukung penggunaan metode pengukuran resistansi cahaya sebagai alat yang dapat diandalkan untuk mengevaluasi kualitas cangkang telur dan memiliki potensi pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam kontrol kualitas di industri. Namun, keterbatasan seperti pengaruh suhu, jumlah sampel yang terbatas, dan asumsi distribusi normal dalam analisis statistik perlu diperhatikan untuk penelitian di masa depan.

## DEKLARASI

Penulis menyatakan bahwa dalam penelitian ini tidak terdapat konflik kepentingan (*conflict of interest*) yang dapat memengaruhi desain, pelaksanaan, analisis, atau interpretasi hasil penelitian. Penelitian dilakukan secara independen, objektif, dan profesional, dengan mengutamakan prinsip integritas ilmiah. Selain itu, penelitian ini sepenuhnya bebas dari unsur SARA (Suku,

Agama, Ras, dan Antargolongan), tanpa adanya bias atau preferensi tertentu terhadap kelompok mana pun. Seluruh proses penelitian berorientasi pada metode ilmiah yang transparan dan berimbang, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara akademik dan etis. Demikian deklarasi ini disampaikan untuk memastikan kejujuran dan kredibilitas penelitian.

## REFERENSI

- [1] M. Mujiono, A. K. Nalendra, and E. H. Candrapuspa, "Penerapan Logika Fuzzy pada Alat Pendeteksi Kualitas Telur Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Gener. J.*, vol. 7, no. 1, 2023, doi: 10.29407/gj.v7i1.17239.
- [2] A. Z. Mehaz and T. D. Hendrawati, "Perancangan Alat Sortir Telur Ayam Ras Berbasis Internet of Things," *SEMNASTERA (Seminar Nas. Teknol. dan Ris. Ter.)*, vol. 5, no. 11, pp. 387–393, 2023, [Online]. Available: <http://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/669>
- [3] S. Amini, D. MohamadZamani, and S. M. Javidan, "Investigation of the Relationship Between Egg Shell Strength and Thickness Using Non-Destructive Ultrasound Method," *J. Biosyst. Eng.*, vol. 47, no. 3, 2022, doi: 10.1007/s42853-022-00144-y.
- [4] M. . Faisal, Afif Nur and , Bambang Hari Purwoto, S.T., "Prototipe Konveyor Penyortir Kualitas Telur Ayam Petelur Otomatis Berbasis IOT," in *Doctoral Dissertation*, 2024, pp. 1–17. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/125831>
- [5] A. Khaliduzzaman, K. Konagaya, T. Suzuki, A. Kashimori, N. Kondo, and Y. Ogawa, "A Nondestructive Eggshell Thickness Measurement Technique Using Terahertz Waves," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-57774-5.
- [6] M. Irfan, P. Sih, S. R. Andani, I. Gunawan, and I. Irawan, "Pemilahan dan Pendeteksi Kualitas Telur Ayam Terbaik Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Arduino Nano," *BEES Bull. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.47065/bees.v2i1.782.
- [7] M. Soltani, M. Omid, and R. Alimardani, "Egg Quality Prediction Using Dielectric and Visual Properties Based on Artificial Neural Network," *Food Anal. Methods*, vol. 8, no. 3, 2015, doi: 10.1007/s12161-014-9948-x.
- [8] E. I. Sela and M. Ihsan, "Deteksi Kualitas Telur Menggunakan Analisis Tekstur," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 11, no. 2, 2017, doi: 10.22146/ijccs.24756.
- [9] M. Jiang, P. Wu, and F. Li, "Detecting dark spot eggs based on CNN GoogLeNet model," *Wirel. Networks*, 2021, doi: 10.1007/s11276-021-02673-4.
- [10] V. G. Narushin, M. N. Romanov, A. Salamon, and J. P. Kent, "An Innovative Non-destructive Technology for Controlling the Storage Period of Chicken Eggs Using Egg Parameters," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 17, no. 9, 2024, doi: 10.1007/s11947-023-03290-z.
- [11] A. A. Saleh *et al.*, "Impact of Dietary Organic Mineral Supplementation on Reproductive Performance, Egg Quality Characteristics, Lipid Oxidation, Ovarian Follicular Development, and Immune Response in Laying Hens Under High Ambient Temperature," *Biol. Trace Elem. Res.*, vol. 195, no. 2, 2020, doi: 10.1007/s12011-019-01861-w.