Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika
http://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika
Universitas Negeri Padang, Indonesia

ISSN 2302-3295 (Print)
ISSN 2716-3989 (Electronics)
Vol. 14, No. 1, 2026

Design and Development of a Light Intensity Efficiency System in Poultry Egg Sorting for Consumption Eligibility

Ahmad Padil Jufri[1]*, Putra Jaya[1], Almasri[1], Rido Putra[1]

[1] Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding Author: ahmadpadiljufri130202@gmail.com

Abstract - **This research focuses on designing and developing an automated poultry egg sorting system to determine consumption suitability using an ESP32 microcontroller integrated with a TCS3200 color sensor and an LDR sensor. The research problem is the manual sorting process, which is inefficient. The use of light intensity without considering eggshell color causes energy waste. The research method employs the waterfall model, which includes analysis, design, implementation, and testing in a structured manner. The system consists of input subsystems (color sensor, LDR, HPL, and laser), a processing unit (ESP32), and output subsystems (relay, servo motor, and LCD). The results indicate that the proposed system successfully integrates eggshell color detection and light intensity measurement to classify eggs into consumable and non-consumable categories while automatically counting the sorting results. Adjusting the HPL intensity based on eggshell color is able to reduce excessive light usage, thereby improving power efficiency, especially in large-scale egg sorting processes. The system adjusts the HPL intensity according to eggshell color, where light-colored shells require low light, while dark-colored shells require higher light intensity for optimal penetration. If maximum light still cannot penetrate the shell, the egg is categorized as non-consumable or potentially rotten. This mechanism proves that the device is capable of distinguishing light intensity requirements and consistently detecting egg quality. In conclusion, the ESP32-based egg sorting system operates automatically, accurately, and efficiently, thereby increasing productivity and result consistency compared to manual methods.**

Keywords— **Egg Sorting, ESP32, TCS3200 Color Sensor, LDR, Automation System, Consumption Feasibility.**

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, telur yang berasal dari unggas termasuk salah satu komoditas pangan yang sangat sering dikonsumsi oleh masyarakat. Bahan makanan ini banyak dimanfaatkan sebagai sumber pangan sehari-hari karena mudah diperoleh dan umum digunakan dalam berbagai jenis olahan makanan [1]. Telur unggas mengandung protein berkualitas tinggi dan nutrisi lainnya, seperti lemak, mineral, dan karbohidrat yang mudah dicerna, sehingga dapat dikonsumsi oleh semua kalangan [2]. Selain dikonsumsi secara langsung, telur unggas juga dimanfaatkan secara luas dalam industri pengolahan pangan. Dalam berbagai produk makanan, telur berperan sebagai bahan yang membantu proses pengentalan, pembentukan struktur gel, serta menghasilkan busa pada produk tertentu [3].

Penyimpanan telur dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penurunan kualitas isi telur hingga berubah menjadi telur busuk [4], [5]. Perubahan kualitas ini dapat diperiksa dengan metode *candling*, yaitu pemeriksaan telur menggunakan cahaya senter untuk melihat kondisi isi telur [6], [7]. Pada pemeriksaan tersebut, telur yang masih baik akan terlihat terang dan meneruskan cahaya, sedangkan telur yang busuk akan tampak gelap dan tidak tembus cahaya [8], [9].

Penyortiran telur dengan menerapkan metode *candling* secara manual pada jumlah telur yang banyak membutuhkan waktu, tenaga, biaya, dan tingkat ketelitian yang tinggi [10]. Proses ini menjadi kurang efisien karena setiap telur harus diperiksa satu per satu, dan akurasi hasil penilaian sangat dipengaruhi oleh kemampuan manusia dalam mengamati kondisi bagian dalam telur. Beban kerja yang meningkat juga dapat menyebabkan kelelahan, sehingga meningkatkan risiko kesalahan dalam menentukan kualitas [11].

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan pada sistem penyortiran secara manual, perlu dibuat alat secara otomatis. Pengembangan alat otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan yang sering terjadi dalam proses penyortiran. Beberapa penelitian telah dilakukan oleh [12] dan [13].

Penelitian yang dilaporkan oleh [12] mengembangkan sebuah perangkat dengan judul "Rancang Bangun Alat Deteksi dan Sortasi Mutu Telur Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno". Pada sistem tersebut, sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dapat melewati telur. Nilai intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor kemudian dijadikan parameter dalam menentukan kondisi telur, apakah masih dalam keadaan baik atau telah mengalami pembusukan. Prinsip yang digunakan adalah bahwa semakin besar jumlah

DOI: https://doi.org/10.24036/voteteknika.v14i1.137821
Received : 2026-03-10
Revised : 2026-04-20
Accepted : 2026-04-23
Published : 2026-04-30

For all articles published in VOTETEKNIKA https://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika, © copyright is retained by the authors. This is an open-access article under the CC BY-SA license.

cahaya yang mampu menembus telur, maka kualitas telur tersebut cenderung semakin baik.

Penelitian yang dilakukan oleh [13] mengembangkan alat yang berjudul "Alat Sortir Telur Ayam Berbasis Multisensor". Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang menembus telur, sedangkan *load cell* digunakan untuk mengukur berat telur. Prinsip kerja sistem ini adalah semakin baik kualitas telur, semakin besar cahaya yang diteruskan dan semakin berat bobotnya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, perlu dikembangkan efisiensi penggunaan intensitas cahaya berdasarkan perbedaan warna cangkang telur, seperti hijau, coklat, dan putih. Perbedaan warna cangkang tersebut mempengaruhi kemampuan cahaya untuk menembus cangkang telur. Semakin gelap warna cangkang telur yang dideteksi sensor warna TCS3200, semakin tinggi intensitas cahaya (lux) yang dibutuhkan agar cahaya dapat menembus cangkang telur. Efisiensi pengaturan intensitas cahaya ini memberikan nilai ekonomi ketika diterapkan pada penyortiran telur dalam jumlah besar karena mampu menghemat konsumsi daya listrik secara akumulatif.

Penyortiran telur dimulai dengan meletakkan telur di atas konveyor yang bergerak menuju area pendeteksian. Pada area tersebut, sistem menggunakan laser sebagai pemicu (*trigger*) untuk mendeteksi keberadaan telur pada area pendeteksian. Ketika telur berada pada area pendeteksian, pancaran cahaya laser terhalang sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR menurun, dan perubahan ini dimanfaatkan sebagai sinyal pendeteksian keberadaan telur sekaligus sebagai pemicu penghentian sementara konveyor melalui relay.

Selanjutnya, sistem pencahayaan *Light Emitting Diode* (LED) menggunakan *High Power* LED (HPL) untuk memberikan pencahayaan yang optimal terhadap telur pada area pendeteksian. Intensitas cahaya yang menembus cangkang telur diukur menggunakan sensor LDR, kemudian data hasil pengukuran tersebut diproses oleh ESP32 dan dinyatakan dalam bentuk nilai lux sebagai parameter utama. Informasi warna cangkang dikirimkan ke ESP32 untuk menyesuaikan intensitas cahaya HPL, sehingga sistem hanya menggunakan intensitas cahaya yang diperlukan tanpa memberikan pencahayaan berlebih selama proses penyortiran sebagai bentuk efisiensi penggunaan cahaya. Dengan pengaturan intensitas cahaya HPL secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan warna cangkang telur, cahaya yang diterima sensor LDR berada pada tingkat pencahayaan yang stabil dan nilai lux yang dihasilkan lebih akurat sesuai dengan kondisi telur. Nilai lux yang telah diproses selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelayakan telur. Pada tahap penyortiran, telur layak konsumsi diarahkan ke jalur A, sedangkan telur tidak layak konsumsi diarahkan ke jalur B melalui gerbang yang digerakkan oleh motor servo. Hasil penyortiran ditampilkan pada layar LCD dalam bentuk status kelayakan, nilai lux, dan jumlah total telur. Keseluruhan proses ini dirancang sebagai bagian dari tugas akhir berjudul "Rancang Bangun Sistem Penyortiran Telur Unggas untuk Kelayakan Konsumsi".

II. METODE

Dalam perancangan dan pembuatan sistem penyortiran telur unggas untuk penentuan kelayakan konsumsi, menggunakan model *waterfall*, metode ini menggambarkan suatu proses pengembangan sistem yang sistematis dan berurutan, meliputi tahapan analisis, desain, implementasi, dan pengujian. Penerapan metode ini memungkinkan setiap tahapan diselesaikan secara bertahap dan terstruktur, sehingga sistem yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik serta meminimalkan kesalahan akibat fokus berlebihan pada satu tahapan tertentu [14], [15].

A. Analisis Kebutuhan Alat

Sebagai dasar dalam merancang sistem penyortiran telur unggas untuk menentukan kelayakan konsumsi, dilakukan pengumpulan beberapa informasi penting yang berkaitan dengan kondisi peternakan unggas saat ini. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, diperoleh sejumlah poin yang relevan sebagai bahan pertimbangan dalam proses perancangan sistem.

1. Dalam penentuan kelayakan konsumsi telur unggas, tingginya kebutuhan dan pendistribusian telur ke berbagai daerah menjadikan proses penyortiran telur berdasarkan kualitasnya sebagai hal yang sangat penting [16]. Kelayakan konsumsi telur unggas dapat ditinjau dari kondisi internal telur, yang salah satunya dapat diidentifikasi melalui tingkat transparansi cangkang saat disinari cahaya [17]. Perbedaan intensitas cahaya yang menembus cangkang telur dapat dijadikan indikator untuk membedakan telur yang layak konsumsi dan tidak layak konsumsi. Proses penyortiran telur bertujuan untuk meminimalkan risiko beredarnya telur yang sudah mengalami penurunan kualitas atau tidak layak konsumsi.

2. Kegiatan penyortiran telur unggas yang masih dilakukan secara manual memiliki sejumlah keterbatasan. Cara tersebut cenderung memerlukan waktu yang lebih lama, memiliki tingkat ketelitian yang kurang tinggi, serta menghasilkan penilaian yang tidak selalu sama karena sangat dipengaruhi oleh penilaian subjektif dan kondisi fisik pekerja yang melakukan proses tersebut [18]. Oleh karena itu, penerapan sistem penyortiran telur unggas secara otomatis menjadi solusi yang lebih efektif, karena mampu melakukan penilaian secara objektif, meningkatkan akurasi penyortiran, mempercepat proses kerja, serta meningkatkan efisiensi dalam menentukan kelayakan konsumsi telur.

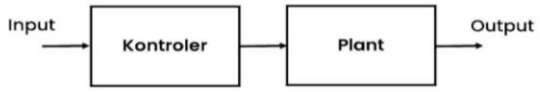
B. Desain

Setelah tahap analisis, selanjutnya dilakukan proses perancangan antarmuka dan sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan fungsional alat. Tahapan perancangan ini mencakup beberapa aspek sebagai berikut.

1. Desain Konseptual

Sistem kontrol atau sistem kendali merupakan suatu susunan elemen yang saling berinteraksi untuk mengatur suatu proses agar menghasilkan keluaran sesuai dengan harapan. Secara teknis, sistem ini bekerja sebagai rangkaian komponen terhubung yang bertujuan menjaga jalannya proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Pada penelitian ini, perancangan perangkat dilakukan dengan menerapkan konsep sistem kendali loop terbuka (*open-loop control system*). Pada jenis sistem ini, hasil keluaran yang dihasilkan tidak digunakan untuk memengaruhi atau memperbaiki proses pengendalian

berikutnya, sehingga tidak terdapat mekanisme umpan balik dari keluaran ke bagian masukan sistem [19].

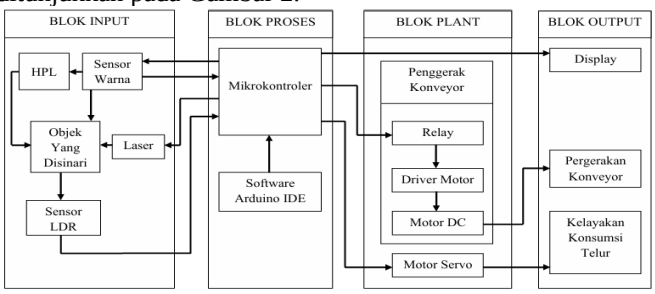


Gambar 1. Sistem kontrol loop terbuka

Berdasarkan Gambar 1, pada sistem kendali loop terbuka keluaran yang dihasilkan oleh sistem tidak dibandingkan dengan sinyal masukan sebagai acuan. Setiap sinyal masukan akan langsung memicu suatu proses kerja tertentu sesuai dengan karakteristik yang telah ditentukan pada sistem tersebut. Jika terjadi gangguan selama proses berlangsung, sistem kendali terbuka tidak memiliki kemampuan untuk melakukan koreksi atau penyesuaian guna memperoleh hasil yang diinginkan. Oleh sebab itu, penerapan sistem kontrol loop terbuka umumnya dilakukan ketika hubungan antara masukan dan keluaran sudah dipahami secara pasti serta kondisi operasi relatif stabil tanpa adanya gangguan dari dalam maupun luar sistem.

2. Pengembangan Desain

Pengembangan desain merupakan tahap lanjutan dari perancangan konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini, sistem dibagi ke dalam beberapa blok utama. Blok masukan (*input*) terdiri atas sensor LDR, sensor warna, HPL, serta laser. Selanjutnya, blok pemrosesan (proses) menggunakan mikrokontroler yang diprogram melalui perangkat lunak Arduino IDE. Bagian plant pada sistem direalisasikan melalui mekanisme penggerak konveyor dan motor servo, sedangkan blok keluaran (*output*) ditampilkan melalui perangkat display. Keseluruhan rancangan pengembangan tersebut digambarkan dalam bentuk diagram blok untuk mempermudah pemahaman terhadap alur kerja sistem secara menyeluruh. Adapun skema blok diagram alat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem

C. Implementasi

Pada tahapan ini dilakukan proses implementasi yang bertujuan untuk merealisasikan rancangan desain menjadi sebuah perangkat yang dapat digunakan secara nyata. Proses implementasi tersebut melibatkan beberapa langkah atau bagian penting yang dijelaskan pada poin-poin berikut.

1. Perangkat Keras

a. Desain

Implementasi desain adalah proses menerapkan sebuah desain yang telah dibuat dari skema blok dalam tahap pengembangan desain. Dalam hal ini, kita dapat memahami adanya beberapa blok dengan fungsi masing-masing yang berbeda-beda yaitu sebagai berikut.

1) Rangkaian Blok *Input*
   a) Sensor Warna
   b) HPL (*High Power* LED)
   c) Laser
   d) Modul LDR (*Light Dependent Resistor*)

2) Blok Proses

Blok proses pada alat ini dibentuk dari ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengendali dan pengolah data sistem. ESP32 menerima dan mengeksekusi program yang dibuat menggunakan perangkat lunak Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sebagai pendukung dalam proses pemrograman. Blok kontroler merupakan bagian utama dalam sistem yang bertugas mengolah data hasil pembacaan dari sensor *input*, kemudian meneruskan hasil pengolahan tersebut ke aktuator untuk menjalankan proses selanjutnya sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang.

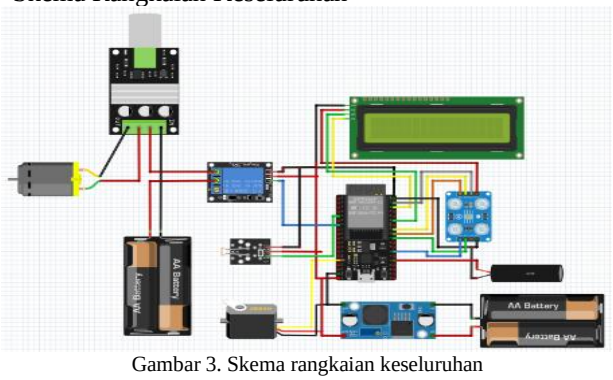
3) Blok Plant

Blok plant pada sistem ini terdiri atas motor servo yang berperan sebagai aktuator untuk proses penyortiran, yaitu mengarahkan telur menuju jalur pemisahan sesuai dengan hasil pembacaan yang diperoleh dari sensor. Selain itu, terdapat mekanisme penggerak konveyor yang menggunakan motor DC (*Direct Current)*, di mana pengoperasiannya dikendalikan melalui relay dan driver motor. Seluruh komponen pada blok plant bekerja berdasarkan sinyal kendali yang telah diproses terlebih dahulu oleh mikrokontroler ESP32. Sinyal kendali dari mikrokontroler dikirimkan ke motor servo dan relay. Relay berfungsi sebagai saklar untuk menghubungkan catu daya ke driver motor, sedangkan driver motor berfungsi untuk mengendalikan dan menjaga kestabilan putaran motor DC konveyor. Motor servo bekerja dalam kondisi aktif (*on*) untuk mengarahkan telur ke jalur penyortiran sesuai hasil pendeteksian, sedangkan pada kondisi tidak aktif (*off*) motor servo berada pada posisi awal (posisi netral) sebagai kondisi siap untuk proses penyortiran berikutnya.

4) Blok *Output*

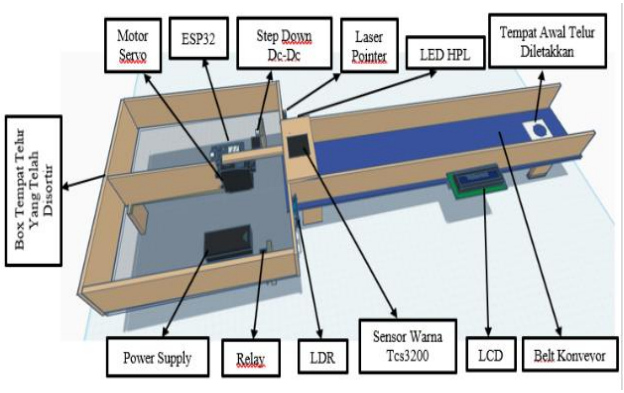
Blok *output* merupakan bagian terakhir dari sistem yang berfungsi untuk menyajikan hasil akhir dari seluruh proses yang telah berlangsung. Pada tahap ini, telur telah dipisahkan berdasarkan tingkat kelayakan konsumsi serta nilai lux yang terdeteksi, kemudian informasi tersebut bersama dengan jumlah total telur ditampilkan melalui layar LCD (*Liquid Crystal Display*).

5) Skema Rangkaian Keseluruhan



Gambar 3. Skema rangkaian keseluruhan

6) Fisik Alat 3D

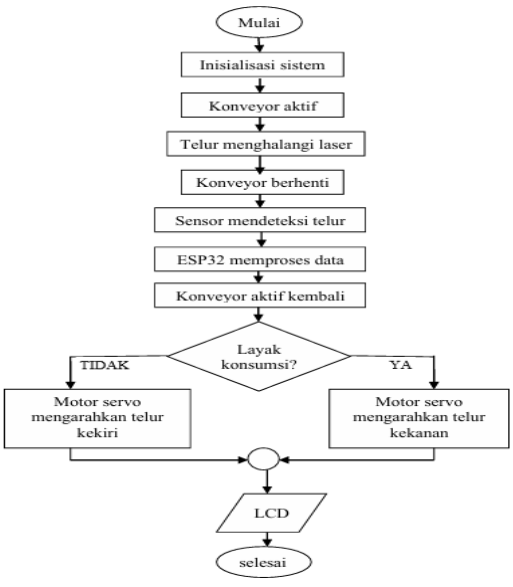


Gambar 4. Fisik alat 3D

2. Perangkat Lunak

a. *Flowchart*

Flowchart atau bagan alir merupakan representasi grafis yang digunakan untuk menggambarkan urutan logika dalam suatu program maupun prosedur sistem. Dalam konteks pemrograman, *flowchart* berfungsi untuk menjelaskan secara rinci setiap tahapan yang terjadi selama proses kerja program berlangsung. Penyusunan bagan alir program umumnya didasarkan pada hasil analisis dari bagan alir sistem yang telah dibuat sebelumnya. Selain itu, bagan alir logika digunakan untuk memvisualisasikan setiap langkah dalam program komputer secara terstruktur dan logis sehingga alur proses dapat dipahami dengan lebih mudah. Tahapan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5 [20].



Gambar 5. *Flowchart*

b. Software Arduino IDE

Arduino IDE digunakan sebagai sarana untuk merancang dan menuliskan program yang akan dijalankan pada sistem, sehingga proses pembuatan dan pengembangan alat dapat dilakukan dengan lebih mudah dan terstruktur.

D. Pengujian

1. Pengujian Sensor LDR
2. Pengujian Sensor Warna TCS3200
3. Pengujian tegangan pada ESP32
4. Pengujian Motor Servo
5. Pengujian Relay
6. Pengujian LCD

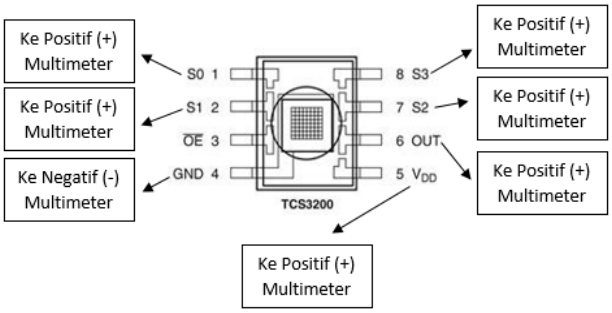
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Subsistem Rangkaian *Input*

Pengujian subsistem rangkaian *input* dilakukan dengan cara melihat hasil dari pembacaan sensor. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sensor yang digunakan telah sesuai dengan satuan standar yang telah ditentukan atau belum. Selain itu, pengujian sensor ini juga bertujuan untuk memastikan apakah sensor bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memverifikasi bahwa seluruh perangkat keras yang digunakan dalam sistem berfungsi sesuai dengan perancangan.

1. Hasil Pengujian Sensor Warna

Pengujian pada sensor warna dilakukan untuk memastikan bahwa sensor mampu berfungsi dengan baik dalam mengenali warna pada cangkang telur. Sensor warna tipe TCS3200 beroperasi pada rentang tegangan kerja sekitar 2,7 VDC *(Voltage Direct Current)* hingga 5 VDC. Sinyal tegangan yang dihasilkan oleh sensor tersebut kemudian dibaca oleh mikrokontroler sebagai data untuk mengidentifikasi warna cangkang telur. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Test point* pada sensor warna TCS3200

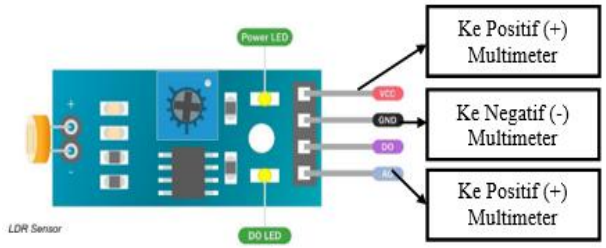
Tabel 1.
Hasil Pengukuran Sensor Warna TCS3200

No	Warna cangkang telur	Tegangan yang terukur (VDC)
1	Hijau	2,10
2	Coklat	1,85
3	Putih	1,60

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian yang dilakukan pada sensor warna TCS3200, terlihat adanya perbedaan nilai tegangan keluaran untuk setiap warna cangkang telur, yaitu hijau, coklat, dan putih. Proses pengujian dilakukan dengan membaca sinyal keluaran sensor melalui pin *out*, sementara pengaturan pemilihan filter warna dilakukan menggunakan pin S2 dan S3. Variasi nilai tegangan yang dihasilkan tersebut menunjukkan bahwa sensor warna mampu membedakan warna pada cangkang telur dengan baik.

2. Hasil Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR bertujuan untuk mengetahui apakah sensor LDR dapat bekerja dengan baik dalam menentukan telur layak dan tidak layak konsumsi. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor LDR menggunakan sumber tegangan 5 VDC pada kondisi telur layak dan tidak layak konsumsi saat sistem dalam keadaan aktif. Pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. *Test point* pada sensor LDR

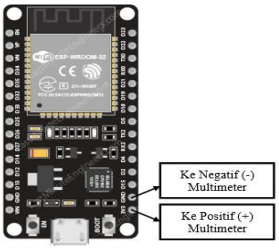
Tabel 2.
Hasil Pengukuran Tegangan Sensor LDR

No	Kondisi telur	Tegangan terukur (VDC)
1	Layak konsumsi	3,20
2	Tidak layak konsumsi	1,45

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian sensor LDR, diperoleh perbedaan nilai tegangan keluaran antara telur layak dan tidak layak konsumsi. Pengujian dilakukan dengan cara membaca tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan LDR melalui pin analog ADC (*Analog to Digital Converter*) pada ESP32. Tegangan yang lebih tinggi menunjukkan cahaya mampu menembus cangkang telur, sedangkan tegangan yang lebih rendah menunjukkan cahaya tidak mampu menembus cangkang secara optimal, sehingga sensor LDR dapat digunakan sebagai penentu kelayakan telur sesuai dengan perancangan sistem.

B. Hasil Pengujian Subsistem Rangkaian Proses

Rangkaian blok proses merupakan rangkaian yang digunakan untuk memproses data yang telah diperoleh dari subsistem *input*. Pada subsistem proses dilakukan untuk memastikan apakah mikrokontroler berfungsi dengan baik dan menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan spesifikasi. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Test point* pada ESP32

Tabel 3.
Hasil Pengukuran Tegangan ESP32

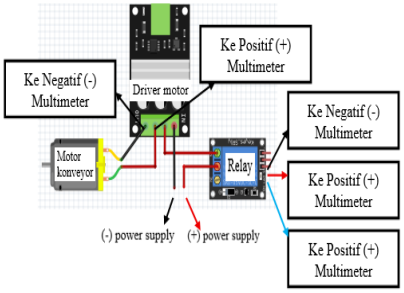
Logika port	Kondisi	Tegangan yang terukur (VDC)
VCC	Diberi tegangan	5

Berdasarkan Tabel 3 hasil pengukuran pada mikrokontroler ESP32 didapatkan tegangan pada pin VCC (*Supply Voltage*) sebesar 5 VDC. Mikrokontroler ESP32 bekerja dengan baik sebagaimana mestinya karena memiliki tegangan keluaran sebesar 3,3 VDC dan 5 VDC yang sesuai dengan spesifikasi kerja dan kebutuhan sistem.

C. Hasil Pengujian Subsistem Rangkaian *Output*

1. Hasil Pengujian Rangkaian Penggerak Konveyor

Pengujian rangkaian penggerak konveyor dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian yang terdiri dari relay, motor driver, dan motor DC dapat bekerja dengan baik dalam menggerakkan konveyor sesuai dengan perintah dari ESP32. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan suplai sebesar 12 VDC pada rangkaian penggerak konveyor, sedangkan relay dikendalikan oleh ESP32 dengan tegangan logika 5 VDC. Rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Test point* pada penggerak konveyor

Tabel 4.
Hasil Pengukuran dan Keluaran Perintah dari Sensor LDR

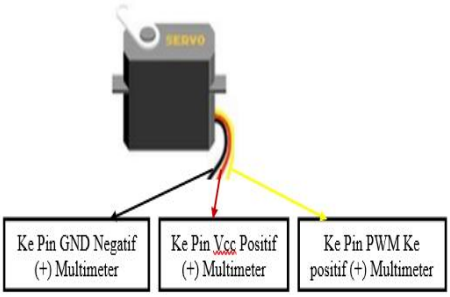
Logika port	Kondisi	Tegangan yang terukur (VDC)
PWM	Mendeteksi layak	3,6
	Tidak mendeteksi	0
	Mendeteksi tidak layak	3,6
VCC	Mendeteksi layak	4,8
	Tidak mendeteksi	5
	Mendeteksi tidak layak	4,8
VCC 12 VDC	Mendeteksi layak	8,8
	Tidak mendeteksi	0
	Mendeteksi tidak layak	8,8

Berdasarkan Tabel 4, konveyor menggunakan motor DC yang dikendalikan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Hasil pengujian menunjukkan tegangan VCC sebesar 4,8 VDC digunakan untuk logika sensor, sementara jalur 12 VDC menyuplai motor DC dengan tegangan terukur 8,8 VDC saat beroperasi. Konveyor bergerak dengan kecepatan konstan, namun akan berhenti otomatis (PWM 0 V) saat sensor LDR mendeteksi telur guna memastikan akurasi pembacaan

kelayakan. Setelah deteksi selesai, PWM kembali aktif untuk memindahkan telur ke jalur sortir.

2. Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian terhadap motor servo dilakukan untuk memastikan bahwa komponen tersebut mampu berfungsi dengan baik sebagai penggerak mekanisme penyortiran telur. Proses pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan kerja motor servo yang sebesar 5 VDC guna memastikan bahwa motor servo dapat beroperasi sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. *Test point* pada motor servo

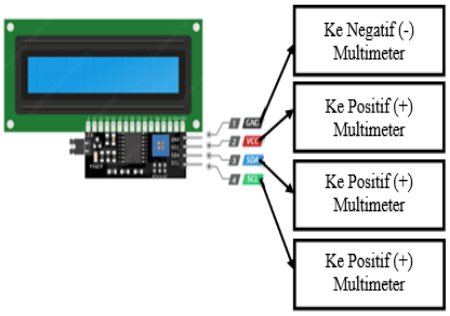
Tabel 5.
Hasil Pengukuran Tegangan Motor Servo

Logika port	Kondisi	Tegangan keluaran (VDC)
PWM Motor Servo	Mendeteksi layak	1,0
	Tidak mendeteksi	0,3
	Mendeteksi tidak layak	0,0
VCC Motor Servo dan Sensor LDR	Mendeteksi layak	5,0
	Tidak mendeteksi	5,0
	Mendeteksi tidak layak	5,0
AO Sensor LDR	Mendeteksi layak	1,75
	Tidak mendeteksi	1,3
	Mendeteksi tidak layak	1,5

Berdasarkan Tabel 5 motor servo digerakkan oleh sinyal PWM dari mikrokontroler. Tegangan PWM berubah sesuai kondisi sensor LDR, saat sensor mendeteksi telur layak atau tidak layak konsumsi, motor servo bergerak ke posisi yang sesuai berdasarkan hasil pembacaan sensor LDR. Tegangan keluaran sensor LDR AO *(Analog Output)* berubah sesuai intensitas cahaya, ketika telur menutupi sensor, tegangan turun atau naik sesuai kondisi, sehingga motor servo mendapat perintah posisi yang benar.

3. Hasil Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pengujian LCD dilakukan untuk mengetahui apakah LCD dapat bekerja dengan baik dalam menampilkan informasi hasil pendeteksian telur. Pengujian dilakukan pada pin SDA *(Serial Data Line)*, SCL *(Serial Clock Line)* dan VCC dengan mengukur tegangan saat sistem menampilkan kondisi telur layak konsumsi, telur tidak layak konsumsi, dan saat sistem dalam keadaan aktif. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Test point* pada LCD

Tabel 6.
Hasil Pengukuran Tegangan LCD

Logika port	Kondisi	Tegangan yang terukur (VDC)
SDA	Mendeteksi layak	4,8
	Tidak mendeteksi	4,7 - 4,9
	Mendeteksi tidak layak	4,8
SCL	Mendeteksi layak	4,8
	Tidak mendeteksi	4,7 - 4,9
	Mendeteksi tidak layak	4,8
VCC	Mendeteksi layak	5
	Mendeteksi tidak layak	5

Berdasarkan Tabel 6 hasil pengujian yang dilakukan pada modul LCD, diketahui bahwa tegangan pada pin VCC berada pada nilai sekitar 5 VDC, sementara pin SDA dan SCL menunjukkan level tegangan yang sesuai dengan kebutuhan kerja perangkat. Layar LCD mampu menampilkan informasi hasil proses pendeteksian telur dengan baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa LCD berfungsi dengan benar dan telah bekerja sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat.

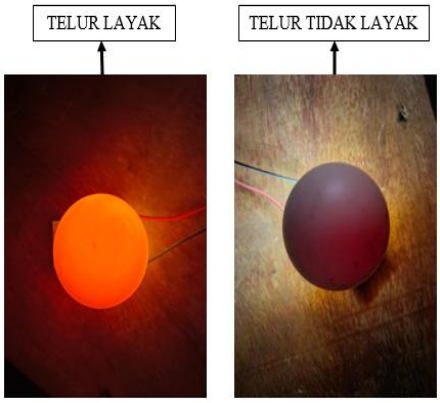
E. Pengujian Integrasi Rangkaian

Pengujian integrasi rangkaian dilakukan setelah seluruh subsistem berhasil direalisasikan dan dirangkai menjadi satu sistem utuh. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah keluaran sistem telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pada sistem ini terdapat dua keluaran utama dari rangkaian terintegrasi, yaitu penentuan kelayakan telur dan penyortiran telur. Pada sistem penentuan kelayakan, keluaran sistem berupa klasifikasi telur layak dan tidak layak konsumsi. Selanjutnya, pada sistem penyortiran, telur yang terdeteksi layak konsumsi dan tidak layak konsumsi akan diarahkan ke jalur penyortiran yang berbeda dengan bantuan motor servo dan konveyor.

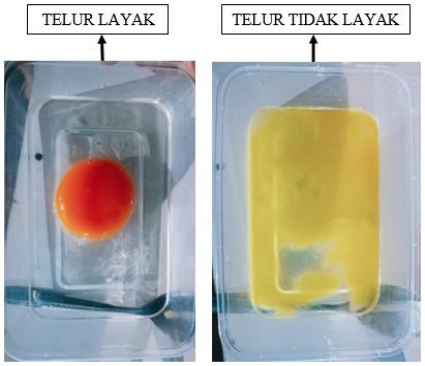
1. Sistem Penentuan Kelayakan Telur

Sistem penentuan kelayakan telur menggunakan sensor LDR sebagai sensor utama untuk menentukan kondisi telur layak dan tidak layak konsumsi berdasarkan respon intensitas

cahaya yang diterima. Selain itu, sensor warna digunakan untuk mendeteksi warna cangkang telur sebagai informasi karakteristik telur dan tidak digunakan sebagai penentu kelayakan telur konsumsi. Sampel telur yang digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Sampel telur



Gambar 13. Sampel tampak isi dalam telur

Tabel 7.
Hasil Pengujian Intensitas Penggunaan Cahaya

No	Jenis Telur	Warna Cangkang	Nilai Lux	Keterangan
1	Telur bebek	Hijau	250	Layak
2	Telur bebek	Hijau	251	Layak
3	Telur bebek	Hijau	250	Layak
4	Telur bebek	Hijau	240	Tidak layak
5	Telur bebek	Hijau	244	Tidak layak
6	Telur ayam ras	Coklat	240	Tidak layak
7	Telur ayam ras	Coklat	257	Layak
8	Telur ayam ras	Coklat	255	Layak
9	Telur ayam ras	Coklat	239	Tidak layak
10	Telur ayam ras	Coklat	255	Layak
11	Telur ayam kampung	Putih	255	Layak
12	Telur ayam kampung	Putih	258	Layak
13	Telur ayam kampung	Putih	245	Tidak layak
14	Telur ayam kampung	Putih	260	Layak
15	Telur ayam kampung	Putih	255	Layak

Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 7, dapat diketahui variasi warna pada cangkang telur berpengaruh terhadap kebutuhan intensitas cahaya yang digunakan dalam proses pendeteksian. Telur yang memiliki cangkang dengan warna lebih gelap umumnya memerlukan intensitas cahaya yang lebih tinggi agar cahaya dapat menembus bagian cangkang secara maksimal. Sebaliknya, telur dengan warna cangkang yang lebih terang membutuhkan tingkat intensitas cahaya yang lebih rendah karena cahaya dapat menembus cangkang tersebut dengan lebih mudah.

2. Sistem Penyortiran Telur

Berdasarkan hasil pendeteksian sensor LDR, tegangan keluaran yang dihasilkan diteruskan ke mikrokontroler sebagai sinyal *input* penyortiran. Selanjutnya, mikrokontroler mengolah data tersebut dan mengirimkan sinyal PWM melalui pin keluaran digital untuk mengendalikan motor servo. Motor servo menerima sinyal PWM dengan tegangan sekitar 1 VDC, di mana perbedaan lebar pulsa PWM menentukan posisi sudut putar motor servo. Pada kondisi telur terdeteksi sebagai layak konsumsi, motor servo bergerak membuka gerbang penyortiran sehingga telur diarahkan ke jalur A melalui konveyor. Sebaliknya, pada kondisi telur terdeteksi sebagai tidak layak konsumsi, motor servo bergerak ke posisi sudut yang berbeda untuk mengarahkan telur ke jalur B. Pada kedua kondisi tersebut, konveyor tetap bergerak untuk membawa telur menuju pendeteksian yang telah ditentukan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem penyortiran telur unggas berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan direalisasikan dengan mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dan sensor LDR untuk mengklasifikasikan telur layak dan tidak layak konsumsi. Sistem mampu melakukan penyortiran secara otomatis dengan menggabungkan parameter warna cangkang dan intensitas cahaya, serta menghasilkan tingkat ketelitian yang baik. Selain itu, penyesuaian intensitas cahaya HPL berdasarkan warna cangkang menunjukkan efisiensi penggunaan energi karena pencahayaan diberikan sesuai kebutuhan. Seluruh subsistem *input*, proses, dan *output* telah bekerja secara terintegrasi sehingga sistem mampu beroperasi secara konsisten, efisien, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

V. SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar pengaruh cahaya lingkungan pada sensor LDR dan TCS3200 dapat diminimalkan untuk meningkatkan akurasi pembacaan. Selain itu, sistem perlu dilengkapi dengan kalibrasi sensor yang lebih menyeluruh pada berbagai kondisi warna cangkang telur dan intensitas cahaya. Selanjutnya, penyesuaian spesifikasi motor servo, motor driver, dan mikrokontroler juga diperlukan agar kinerja sistem lebih stabil dan optimal dalam kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Atwa, E. M. (2024). *Advances in Emerging Non-Destructive Technologies for Detecting Raw Egg Freshness: A Comprehensive Review*. *Foods*, *13*(22), 1–27.

[2] Crivei, I. C., Dumitru, I., Usturoi, M. G., & Rat, R. N. (2025). *Unlocking the Power of Eggs : Nutritional Insights, Bioactive Compounds, and the Advantages of Omega-3 and Omega-6 Enriched Varieties*. 1–29.

[3] Gautron, J., Dombre, C., Nau, F., Feidt, C., & Guillier, L. (2022). *Animal The international journal of animal biosciences Review : Production factors affecting the quality of chicken table eggs and egg products in Europe*. *Animal*, 16, 100425.

[4] Mohammed, H. N. (2022). *Effects of layer ' s age and egg storage period on egg quality characteristics*. *International Journal of Health Sciences*, *6* (March), 4663–4671.

[5] Huang, Q., Liu, L., Wu, Y., Huang, X., Wang, G., Hongbo, L., Geng, F., & Luo, P. (2022). Mekanisme perbedaan karakteristik putih telur kental/encer selama nyimpanan: Analisis karakteristik fisikokimia, fungsional, dan struktur molekuler. *Food Chemistry*, *369*.

[6] Rho, T. G., & Cho, B. K. (2024). Evaluasi Non-Destruktif Sifat Fisikokimia untuk Kesegaran Telur: Sebuah Tinjauan. *Agriculture (Switzerland)*, *14*(11).

[7] Karimah, I. (2023). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Dan Penyortir Kualitas Telur Unggas Berbasis Arduino Nano. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *8*(4), 1388–1399.

[8] Yoghaswara, P., & Anshory, I. (2023). *Design of Papaya Fruit Ripeness Detection Tool Based on the Colour of the Fruit Skin Based on Arduino*. 1–7.

[9] Lailatulfath, N., Rahmah, M., Sutanto, W., & Nadhira, V. (2021). Prototipe Alat Penyortir Telur Berdasarkan Warna dan Ukuran. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, *13*(2), 93–100

[10] Nugroho, W. L., Desriyanti, & Vidyastri, R. I. (2025). Rancang Bangun Alat Sortir Telur Otomatis Berdasarkan Ukuran. *SinarFe7*, 7(1), 444–452.

[11] Ahmed, W., Sprigler, A., Lee, J., Dilger, R. N., Chowdhary, G., & Kamruzzaman, M. (2025). Deteksi kesuburan telur ayam pra-inkubasi secara non-destruktif menggunakan pencitraan hiperspektral dan pembelajaran mesin. *Smart Agricultural Technology*, 100857.

[12] Azka, A. B. F. (2020). Rancang Bangun Alat Deteksi dan Sortasi Mutu Telur Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Agroindustrial Technology Journal*, *04*(01), 41–52.

[13] Afandi, A. (2025). Alat Sortir Telur Berbasis Multisensor. *Techno Bahari*, *12*(1), 15–21.

[14] Shavira, M., & Farell, G. (2021). Perancangan Sistem Informasi Penjualan di Bordi Mande Padang Berbasis Web. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*,*9*(2).

[15] Jumisa, N., & Jaya, P. (2023). Sistem Monitoring dan Kontrol Tegangan PLTA Berbasis Internet Of Things (IoT). *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*,*11*(3).

[16] Silitonga, F. M., & Widjaja, D. (2025). Perancangan Sistem Penyortiran Telur yang Termonitor IoT. *Prosiding Konstelasi*, *2*(1), 136–145.

[17] Mahbubah, W., & Amalia, E. (2025). Monitoring Kualitas Telur Ayam Berdasarkan Kondisi Cangkang Menggunakan Arduino Nano dan Sensor LDR. 2(2), 237–248.

[18] Liu, Y., Ren, X., Yu, H., Cheng, Y., Guo, Y., Yao, W., Xie, Y. (2020). *Non-destructive and online egg freshness assessment from the egg shell based on Raman spectroscopy. Food Control, 118, 107426.*

[19] García-samartín, J. F., Rieker, A., & Barrientos, A. (2024). Desain, Manufaktur, dan Kontrol Loop Terbuka pada Lengan Pneumatik Lunak. *Actuators*, *13*(36), 1–28.

[20] Mahmuda, W., & Edidas, E. (2021). Rancang Bangun Sistem Rumah Pintar Berbasis Arduino Uno. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, *9*(3).