

SKRIPSI

SISTEM KONTROL MESIN PENETAS TELUR

AYAM MENGGUNAKAN ESP32 CAM



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Mochammad Nur Ridho Putro Mulyono

NIM. 2115344039

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol mesin penetas telur ayam otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM. Sistem ini dirancang agar mampu memantau dan mengendalikan suhu, kelembapan, pencahayaan, serta rotasi telur secara otomatis dan *real-time* melalui aplikasi. Sensor BME680 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan, sedangkan ESP32-CAM memungkinkan pengguna memantau kondisi inkubator secara visual. Proses kontrol dilakukan oleh ESP32 dengan integrasi perangkat *output* berupa lampu pijar, kipas, dan motor DC. Data yang diperoleh disimpan secara otomatis dalam Google Spreadsheet melalui *Firebase*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efektif dalam menjaga suhu inkubasi antara 37,5°C hingga 38°C, dan kelembapan relatif sekitar 50%–55% di awal inkubasi, serta 60%–65% menjelang penetasan. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor yang baik dengan error suhu maksimal 0,57% dan kelembapan 18,37%. Meskipun belum ada telur yang berhasil menetas selama masa uji coba 21 hari, sistem terbukti berfungsi secara stabil dan efisien. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam mendukung proses penetasan telur ayam secara otomatis dan modern.

Kata kunci: ESP32-CAM, Mesin Penetas Telur Otomatis, IoT, Suhu, Kelembapan, BME680

ABSTRACT

This study aims to design and implement an automatic egg incubator control system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32-CAM microcontroller. The system is developed to monitor and control temperature, humidity, lighting, and egg rotation automatically and in real-time through a mobile application. The BME680 sensor is utilized to measure temperature and humidity, while the ESP32-CAM module allows users to visually monitor the incubator's internal condition. The ESP32 microcontroller acts as the central controller, managing outputs such as incandescent lamps, fans, and DC motors. All recorded data is automatically stored in Google Spreadsheet via Firebase integration. The implementation results show that the system performs effectively in maintaining incubation temperatures between 37.5°C and 38°C, and relative humidity at around 50%–55% during the initial incubation phase and 60%–65% during the hatching phase. Sensor accuracy testing indicated a maximum temperature error of 0.57% and a humidity error of 18.37%. Although no eggs successfully hatched during the 21-day trial period, the system demonstrated stable and efficient performance. This research is expected to serve as a modern solution to support the automatic and remote-controlled hatching of chicken eggs.

Keywords: *ESP32-CAM, automatic egg incubator, IoT, temperature, humidity, BME680*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Sebelumnya	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1 Telur Ayam.....	6
2.2.2 ESP32	7
2.2.3 ESP32 CAM.....	9
2.2.4 Sensor BME680.....	10
2.2.5 Lampu Pijar	11
2.2.6 Motor DC	12
2.2.7 Exhaust Fan.....	13

2.2.8 Relay.....	13
2.2.9 LCD.....	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1. Rancangan Sistem	15
3.2. Pembuatan Alat	25
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat.....	25
3.2.2. Alat dan Bahan.....	27
3.3. Analisa Hasil Penelitian	28
3.4. Hasil Yang Diharapkan.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Hasil Implementasi Sistem	30
4.1.1 Implementasi <i>Hardware</i>	31
4.1.2 Implementasi Aplikasi	32
4.1.3 Implementasi Penyimpanan Data.....	34
4.2. Hasil Pengujian Sistem	35
4.2.1. Pengujian Alat	35
4.2.2. Pengujian Penyimpanan Data.....	37
4.2.3. Pengujian Parameter Yang Diamati.....	38
4.3. Pembahasan Hasil Implementasi Dan Pengujian	40
4.3.1. Analisis Pengujian Penetasan Selama 21 Hari	40
4.3.2. Evaluasi Kinerja Sistem	42
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Telur Ayam[9]	7
Gambar 2. 2 ESP32[11]	8
Gambar 2. 3 Konfigurasi Pin ESP32[12]	9
Gambar 2. 4 ESP32 CAM[13].....	10
Gambar 2. 5 Sensor BME680[15]	11
Gambar 2. 6 Lampu Pijar 25 Watt[18]	12
Gambar 2. 7 Motor DC [20]	12
Gambar 2. 8 <i>Exhaust Fan</i> [22]	13
Gambar 2. 9 Modul Relay [24].....	14
Gambar 2. 10 LCD (Liquid Crystal Display)[26]	14
Gambar 3. 1 Blok Diagram.....	15
Gambar 3. 2 Wiring Diagram	17
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem	20
Gambar 3. 4 Desain perancangan 3D alat penetas telur ayam	22
Gambar 3. 5 Desain tata letak komponen pada alat	22
Gambar 3. 6 Rancangan Tampilan Aplikasi	23
Gambar 3. 7 Rancangan pada spreadsheet	24
Gambar 3. 8 Alur Pembuatan Alat.....	25
Gambar 4. 1 Gambar Keseluruhan Mesin Penetas Telur Otomatis.....	31
Gambar 4. 2 Gambar Implementasi Hardware	32
Gambar 4. 3 Gambar Aplikasi Antar Muka.....	33
Gambar 4. 4 Implementasi Google Spreadsheet	34
Gambar 4. 5 Pengujian ESP dengan Program Komunikasi Serial Monitor	35
Gambar 4. 6 Tampilan Pengujian Sensor BME680.....	36
Gambar 4. 7 Tampilan Aplikasi Yang Digunakan	37
Gambar 4. 8 Gambar Data Hasil Pengujian Yang Tercatat Pada Spreadsheet.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Keterangan Wiring Diagram.....	17
Tabel 3. 2 Penjelasan Pin Komponen Ke ESP32.....	17
Tabel 3. 3 Kebutuhan Alat	27
Tabel 3. 4 Kebutuhan Bahan.....	27
Tabel 3. 5 Bahan Komponen	28
Tabel 3. 6 Pengujian Sensor Suhu Dan Kelembapan	29
Tabel 3. 7 Data Hasil Percobaan.....	29
Tabel 4. 1 Pengujian Suhu Dan Kelembapan Dengan Thermometer	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Telur dan ayam adalah komoditas yang populer untuk di konsumsi. Dalam era perkembangan teknologi saat ini banyak alat yang mempermudah aspek pekerjaan manusia. Telur ayam merupakan salah satu komoditas pangan yang tergolong kebutuhan pokok bagi masyarakat, mengingat ketersediaannya yang melimpah dan mudah diakses. Seiring dengan kemajuan teknologi, para peternak ayam petelur memerlukan inovasi dalam sistem penetasan guna mempercepat siklus produksi serta meningkatkan kualitas bibit yang dihasilkan dari proses penetasan telur. Pada masa sebelum berkembangnya teknologi modern, peternak ayam masih menggunakan metode konvensional dalam proses penetasan, di mana satu induk ayam membutuhkan waktu sekitar 23 hingga 30 hari untuk menetas telur. Seiring dengan kemajuan teknologi, berbagai inovasi telah dikembangkan dalam mendukung proses penetasan telur, mulai dari alat berteknologi tinggi hingga sistem sederhana, yang masing-masing menghasilkan tingkat keberhasilan yang bervariasi tergantung pada desain dan kualitas alat yang digunakan.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan adalah dengan memanfaatkan perangkat lunak (*software*) yang memungkinkan peternak memantau kondisi inkubator secara *real-time* melalui aplikasi. Dalam sistem inkubasi ini, terdapat beberapa faktor yang mendukung percepatan proses penetasan, bahkan memungkinkan telur menetas sebelum hari ke-23. Salah satunya adalah penggunaan lampu pijar berdaya 25 watt sebagai sumber panas, pencahayaan, dan pengatur kelembapan. Suhu inkubator dijaga sesuai standar, yaitu berada pada kisaran 37,5 hingga 38°C. Secara umum, kelembapan yang direkomendasikan dalam mesin penetas telur ayam adalah sekitar 50-60% pada tahap awal inkubasi dan meningkat hingga 65-75% selama tiga hari terakhir sebelum penetasan. Jika kelembapan terlalu rendah, air di dalam telur akan menguap terlalu cepat, menyebabkan embrio mengalami dehidrasi dan menghambat pertumbuhan. Sebaliknya, kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kantung udara dalam telur tidak berkembang dengan baik, sehingga

menghambat proses pernapasan embrio. Sistem monitoring penetasan telur ayam ini disamping mengamati suhu dan kelembapan juga dilengkapi dengan ESP32 CAM yang berguna untuk melihat kondisi didalam ruang mesin penetas telur ayam secara langsung. Selain faktor suhu yang telah disebutkan sebelumnya, pencahayaan juga merupakan elemen penting dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan di dalam inkubator. Kedua faktor ini dikendalikan secara otomatis melalui sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* [1].

Internet of Things (IoT) ialah jaringan dari perangkat fisik, kendaraan, dan benda-benda lainnya yang dilengkapi dengan sensor yang dapat berkomunikasi dengan melakukan pertukaran data melalui jaringan internet untuk mempermudah pekerjaan manusia. IoT memungkinkan objek – objek tersebut untuk di kendalikan dari jarak jauh dan tidak perlu banyak interaksi manusia dengan tujuan mengumpulkan data dan mengelola perangkat secara otomatis [2]. Oleh karena itu, dengan menggunakan konsep *Internet of Things (IoT)* para petani sangat mudah untuk melakukan pemantauan secara *real-time* melalui sensor yang sudah terhubung ke jaringan seperti suhu, kelembapan, pencahayaan dan rotasi telur dimanapun dan kapanpun [3].

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pada penelitian ini penulis mengusulkan “Sistem Kontrol Mesin Penetas Telur Ayam Menggunakan ESP32 CAM”. Para petani dapat mengetahui suhu kelembapan yang hemat energi para petani pada saat penetasan telur ayam tersebut secara otomatis, Hal ini diharapkan dapat memberikan solusi modern pada proses penetasan telur ayam, mengurangi resiko kegagalan akibat kelembapan atau pencahayaan yang tidak optimal, dan membantu petani untuk mengambil keputusan yang lebih tepat saat pengelolaan hasil panen.

1.2. Perumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini dapat disampaikan sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang sistem kontrol mesin penetas telur ayam yang dapat menjaga suhu dan kelembapan agar tetap stabil?

- b. Bagaimana mengintegrasikan sensor pada mesin penetas telur untuk menciptakan yang lebih akurat?
- c. Bagaimana sistem kontrol dapat mengkonsumsi energi secara efisien sehingga lebih hemat dan ramah lingkungan?

1.3. Batasan Masalah

Dalam menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan dan tidak melebar dari permasalahan yang diangkat, maka diperlukan suatu batasan masalah agar penelitian sesuai dengan judul. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Penelitian ini dilaksanakan untuk mempermudah petani telur ayam dalam memantau dan mengontrol kondisi telur.
- b. Sistem kontrol mesin penetas telur ini menggunakan ESP32 dan ESP32 CAM.
- c. Penelitian ini menggunakan telur ayam untuk uji coba.
- d. Penelitian ini mengambil bentuk miniatur atau sebuah *prototype*.

1.4. Tujuan Penelitian

Merujuk pada latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan memberikan solusi atas permasalahan yang dibahas yaitu:

- a. Merancang sistem kontrol mesin penetas telur ayam yang mampu menjaga suhu dan kelembapan agar tetap stabil selama proses inkubasi guna meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan.
- b. Mengintegrasikan sensor pada mesin penetas telur untuk memastikan pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembapan yang lebih akurat secara *real-time*.
- c. Mengembangkan sistem kontrol yang hemat daya dan ramah lingkungan, sehingga dapat diterapkan dalam skala peternakan kecil hingga besar.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu :

- a. Memudahkan pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembapan dalam mesin penetas secara otomatis.
- b. Meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan telur ayam dengan kondisi lingkungan yang lebih stabil.
- c. Mengurangi keterlibatan tenaga manusia dalam pemantauan, sehingga lebih hemat waktu dan tenaga.
- d. Mengurangi konsumsi energi yang berlebihan, sehingga lebih hemat biaya operasional.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan perancangan hingga pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol mesin penetas telur ayam berbasis ESP32-CAM berhasil dirancang dan mampu menjaga suhu serta kelembapan sesuai standar inkubasi, yaitu suhu stabil pada kisaran 37,5–38°C dan kelembapan 50–65% selama proses penetasan.
2. Integrasi sensor BME680 dengan mikrokontroler dan aplikasi berjalan dengan baik, terbukti dari tingkat akurasi pengukuran yang cukup baik (error suhu maksimal 0,57% dan kelembapan 18,37%) serta tersedianya pemantauan secara *real-time* melalui LCD, Firebase, dan Google Spreadsheet.
3. Sistem kontrol otomatis yang memanfaatkan lampu pijar, kipas, dan motor DC terbukti dapat menghemat energi, karena perangkat hanya aktif sesuai kebutuhan. Meskipun percobaan belum menghasilkan telur menetas, kinerja sistem berjalan stabil dan dapat dijadikan dasar pengembangan lebih lanjut.

5.2 Saran

Mengacu pada hasil pelaksanaan dan pengujian sistem, beberapa saran berikut diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Disarankan untuk melakukan penyempurnaan sistem pengendalian kelembapan dengan menambahkan perangkat seperti humidifier otomatis guna mengurangi perbedaan nilai pengukuran dengan alat pembanding.
2. Untuk meningkatkan rasio keberhasilan penetasan, sebaiknya digunakan telur yang telah dipastikan dibuahi serta memenuhi standar mutu peternakan, dengan tahapan inkubasi yang sesuai prosedur.
3. Struktur fisik prototipe perlu didesain agar lebih tertutup rapat dan mampu mempertahankan kondisi suhu dan kelembapan dengan lebih stabil mendekati kebutuhan ideal inkubasi.
4. Sebagai peningkatan fitur, sistem dapat dilengkapi dengan fitur notifikasi melalui aplikasi yang memberikan peringatan jika suhu atau kelembapan keluar dari batas aman, agar pengguna dapat segera melakukan tindakan perbaikan.
5. Diperlukan pengujian lanjutan secara bertahap dan berjangka panjang untuk menilai keandalan sistem dalam berbagai skenario dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ariani, R. Y. Endra, E. Erlangga, Y. Aprilinda, and A. R. Bahan, “Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam,” *EXPERT J. Manaj. Sist. Inf. Dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, p. 36, Dec. 2020, doi: 10.36448/jmsit.v10i2.1602.
- [2] F. Aziz Jabbar, A. BudimanKusdinar, and P. Prajoko, “PROTOTYPE SISTEM PEMANTAU SUHU PADA INKUBATOR TELUR ITIK BERBASIS IOT,” *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10410–10415, Sep. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11049.
- [3] S. Nisa and I. Andreansyah, “Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Internet of Things,” 2024.
- [4] A. Goeritno, K. A. M. Aziz, A. E. K. Pramuko, and H. Hendrawan, “IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3 UNTUK SISTEM PENETASAN TELUR AYAM,” 2017.
- [5] R. Nugroho, S. Santoso, R. Firmansyah, and H. A. Bazari, “RANCANG BANGUN MESIN PENETAS TELUR OTOMATIS BERBASIS MICROCONTROLLER ATMEGA16 MENGGUNAKAN SENSOR LM35,” vol. 1, no. 1, 2019.
- [6] M. R. Wirajaya, S. Abdussamad, and I. Z. Nasibu, “Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, Feb. 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4579.
- [7] Bogor Agricultural University *et al.*, “Kualitas Fisik, Mikrobiologis, dan Organoleptik Telur Konsumsi yang Beredar di Sekitar Kampus IPB, Darmaga, Bogor,” *J. Ilmu Produksi Dan Teknol. Has. Peternak.*, vol. 4, no. 2, pp. 275–279, Jun. 2016, doi: 10.29244/jipthp.4.2.275-279.
- [8] R. Sihombing and T. Kurtini, “PENGARUH LAMA PENYIMPANAN TERHADAP KUALITAS INTERNAL TELUR AYAM RAS PADA FASEKEDUA”.
- [9] Organic Kampung, “Organic Kampung Chicken Egg / Telur Ayam Kampung Organik 3pc,” Vmart Online Grocery. Accessed: Sep. 01, 2025. [Online].

Available: <https://www.vmartgrocery.com/products/organic-kampung-chicken-egg-telur-ayam-kampung-organik-1pc>

- [10] Amazon, “Amazon.com: ESP-WROOM-32 ESP32 ESP-32S Development Board 2.4GHz Dual-Mode WiFi + Bluetooth Dual Cores Microcontroller Processor Integrated with Antenna RF AMP Filter AP STA Compatible with Arduino IDE (1 PCS): Electronics.” Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/ESP-WROOM-32-Development-Dual-Mode-Microcontroller-Integrated/dp/B07WCG1PLV?th=1>
- [11] Pinterest, “ESP32 Pinout Diagram | ESP32-WROOM-32 - Microcontroller Tutorials,” Pinterest. Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://id.pinterest.com/pin/440789882294088496/>
- [12] Amazon, “Amazon.com: YEJMKJ ESP32 CAM Development Board ESP32-CAM 8MP OV2640 Camera Module, WiFi Bluetooth Module ESP32-CAM-MB Micro USB to Serial Port CH340G with TF Card Slot for Raspberry Pi for Arduino : Electronics.” Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/ESP32-CAM-Development-Bluetooth-ESP32-CAM-MB-Raspberry/dp/B0CDRNJKSF?th=1>
- [13] Bosch, “Gas Sensor BME680,” Bosch Sensortec. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/gas-sensors/bme680/>
- [14] Amazon, “Sensor BME680 CJMCU-680 Sensor BME680 Sensor de Temperatura Y Humedad Placa de Desarrollo de Altura de Presión Ultrapequeña : Amazon.com.mx: Herramientas y Mejoras del Hogar.” Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.com.mx/CJMCU-680-Temperatura-Humedad-Desarrollo-Ultrapeque%C3%B1a/dp/B0B8X7DKCP>
- [15] Jhulinda Nizar Wati, Meta Yantidewi, and Utama Alan Deta, “Pengaruh Jumlah Lampu Pijar terhadap Suhu Mesin Penetas Telur Berbasis Raspberry Pi: The Effect of the Number of Incandescent Lamps on the Temperature of an Egg Incubator Machine Based on Raspberry Pi,” *J. Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, pp. 575–585, Jul. 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3784.

- [16] L. Juliawanti, “Apa Itu Lampu Pijar? - Pinhome,” Kamus Istilah Properti. Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/lampu-pijar/>
- [17] I. Nurhadi and E. Puspita, “OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8 MENGGUNAKAN SENSOR SHT 1”.
- [18] administrator, “Panduan Lengkap : Jenis-Jenis Motor DC (Motor Arus Searah),” Bengkeltv.id. Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.bengkeltv.id/jenis-jenis-motor-dc/>
- [19] R. Fahmin Kafafi, “RANCANG BANGUN MONITORING SUHU DAN KELEMAHAN KANDANG GUNA MEMPERMUDAH KINERJA PETERNAK BERBASIS ARDUINO,” *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 98–104, Sep. 2019, doi: 10.36040/jati.v3i2.873.
- [20] Qihaobuy, “20 pcs Gdstime 220V 240V AC Fan 120mm 120x120x38mm Metal Case Exhaust Cooling Fan AC 220 Volt 12cm 4.68 Inch – Qihaobuy.” Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.qihaobuy.com/item/20-pcs-gdstime-220v-240v-ac-fan-120mm-120x120x38mm-metal-case-exhaust-cooling-fan-ac-220-volt-12cm-4-68-inch/>
- [21] S. Shafiudin, F. J. Rohma, A. E. Prasetya, and R. Firmansyah, “Pemantauan Ruang Inkubator Penetasan Telur Ayam Dengan Berbasis Telemetri Menggunakan Arduino Uno R3,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 5, no. 1, Mar. 2016, doi: 10.20449/jnte.v5i1.181.
- [22] Agekorgat, “Arduino 4 Channel Relay Module,” User Manual and Guide Collection. Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://agekorgat8qfschematic.z1.web.core.windows.net/arduino-4-channel-relay-module.html>
- [23] S. Mukhlis and R. P. M. Kom, “Perancangan Alat Penetasan Telur Otomatis Menggunakan Bluetooth Berbasis Arduino Uno,” vol. 1, no. 3, 2023.
- [24] Amazon, “Amazon.com: JANSANE 16x2 1602 LCD Display Screen Blue + IIC I2C Module Interface Adapter for Raspberry pi 2 Pack : Electronics.” Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available:

<https://www.amazon.com/JANSANE-Arduino-Display-Interface-Raspberry/dp/B07D83DY17>