

PERANCANGAN FITUR DETEKSI PENETASAN TELUR MENGGUNAKAN RTC DS3231 DAN RFID TAG UNTUK MENGOPTIMALKAN KINERJA SISTEM INKUBATOR OTOMATIS

DESIGN OF EGG HATCHING DETECTION FEATURE USING RTC DS3231 AND RFID TAG TO OPTIMIZE AUTOMATIC INCUBATOR SYSTEM PERFORMANCE

Sahila Hikmatul Maula^{*1}, Agung Mubyarto, S.T., M.T. ^{*2}, Arief Wisnu Wardhana, B.Eng(Hons), M.Eng^{*3}

*Email: sahila.maula@mhs.unsoed.ac.id

Mahasiswa Pemakalah^{*1}, Dosen Pembimbing 1^{*2}, Dosen Pembimbing 2^{*3}

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Abstrak—Sektor peternakan di Indonesia terus berkembang, namun proses inkubasi telur masih menghadapi kendala dalam menjaga kondisi optimal akibat keterbatasan pengawasan peternak. Penelitian ini bertujuan merancang inkubator otomatis berbasis IoT dengan fitur-fitur tambahan seperti RTC DS3231 untuk pencatatan waktu, RFID untuk identifikasi telur, sensor mikrofon untuk mendeteksi suara retakan cangkang, serta DHT11 untuk pemantauan suhu dan kelembapan. Sistem ini diintegrasikan dengan Thingier.io, memungkinkan pemantauan dan pengendalian real-time secara jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mencatat data dengan akurasi tinggi, memantau suhu dalam kisaran 36–38°C dan kelembapan 55–68%, serta mendeteksi suara awal penetasan dengan sensitivitas 85–100%. RFID berhasil mengidentifikasi telur secara unik dengan jangkauan pembacaan hingga 3 cm. Mekanisme rotasi rak telur memastikan distribusi suhu dan kelembapan merata, mendukung keberhasilan penetasan. Sistem ini memberikan manfaat signifikan bagi peternak, seperti efisiensi waktu, peningkatan keberhasilan penetasan, dan pengurangan risiko kegagalan akibat kesalahan manusia. Dengan teknologi ini, diharapkan industri peternakan unggas di Indonesia dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas secara berkelanjutan.

Kata Kunci : Inkubator, Kinerja Sistem, Real Time, RTC DS3231, Tag RFID, Pendeteksi Durasi

Abstract— The livestock sector in Indonesia continues to grow, but the egg incubation process still faces challenges in maintaining optimal conditions due to the limited supervision of farmers. This research aims to design an IoT-based automatic incubator with additional features such as RTC DS3231 for time recording, RFID for egg identification, a microphone sensor to detect shell cracking sounds, and DHT11 for temperature and humidity monitoring. This system is integrated with Thingier.io, enabling real-time remote monitoring and control. Test results show that the system is capable of recording data with high accuracy, monitoring temperature in the range of 36–38°C and humidity 55–68%, as well as detecting early hatching sounds with a sensitivity of 85–100%. RFID successfully uniquely identifies eggs with a reading range of up to 3 cm. The egg tray rotation mechanism ensures uniform distribution of temperature and humidity, supporting successful hatching. This system provides significant benefits for farmers, such as time efficiency, increased hatching success, and reduced risk of failure due to human error. With this technology, it is hoped that the poultry farming industry in Indonesia can sustainably improve quality and productivity.

Keyword : Incubator, System Performance, Real Time, RTC DS3231, RFID Tag, Duration Detector

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam bidang peternakan, stabilitas dan kontrol yang tepat terhadap suhu dan kelembapan sangat penting untuk proses penetasan yang sukses, terutama terkait dengan telur. Petani sering menghadapi masalah ini karena memerlukan banyak waktu, kerja, dan ketekunan untuk menjaga lingkungan penetasan yang ideal. *Internet of Things* (IoT) dan teknologi kontemporer lainnya sedang digunakan untuk menciptakan inkubator otomatis sebagai solusi kreatif untuk masalah ini, seperti yang dibuktikan oleh penelitian oleh Mareta Zirana, Taufik Hidayat, dan Erik Agustian Yulanda.

Prototipe inkubator berbasis IoT yang dibuat oleh Mareta Zirana (2023) memungkinkan pengelolaan dan pemantauan suhu serta kelembapan berbasis smartphone dari jarak jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang mudah digunakan dan optimal sehingga para peternak dapat memantau kondisi penetasan tanpa harus selalu berada di lokasi[1].

Sementara itu, Taufik Hidayat (2023) menciptakan inkubator telur otomatis yang menggunakan mesin keadaan terbatas (FSM) untuk mengontrol penetasan sejumlah besar telur, selain mengintegrasikan sistem pengelolaan suhu dan kelembapan. Tujuan mesin ini adalah untuk

meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan dengan menciptakan lingkungan penetasan yang stabil[2].

Erik Agustian Yulanda (2023) menyarankan untuk menggabungkan energi terbarukan dan teknologi IoT dalam inkubator otomatis sebagai alternatif yang berkelanjutan. Penemuan ini menggunakan panel surya sebagai sumber energi untuk menyediakan kondisi penetasan yang optimal sambil mengurangi ketergantungan pada sumber listrik tradisional. Pemantauan suhu dan kelembapan juga termasuk[3].

Berdasarkan dari kutipan-kutipan dan permasalahan yang terjadi, maka penulis memutuskan untuk melakukan penelitian yang berjudul **“PERANCANGAN FITUR DETEKSI PENETASAN TELUR MENGGUNAKAN RTC DS3231 DAN RFID TAG UNTUK MENGOPTIMALKAN KINERJA SISTEM INKUBATOR OTOMATIS”**. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengembangkan prototipe yang dirancang guna pemantauan penetasan telur ayam, sehingga menghasilkan produksi anak ayam yang lebih baik dan lebih bagus bagi peternak.

Tujuan sistem ini adalah untuk membuat pemantauan proses penetasan lebih akurat. Dengan sensor RTC DS3231, sistem dapat mengontrol dan merekam waktu penetasan dengan tepat. Sementara itu, tag RFID memungkinkan setiap telur diidentifikasi secara terpisah, memberikan informasi tambahan. Dengan menggunakan sensor microphone, sistem ini juga diharapkan dapat mendeteksi retaknya cangkang telur. Inkubator ini tidak hanya memastikan kondisi penetasan ideal, tetapi juga memberikan peternak data berharga yang membantu mereka membuat keputusan yang lebih baik dan meningkatkan hasil dan produktivitas usaha ternak mereka.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan fitur pendeteksi hari penetasan telur menggunakan RTC DS3231 dapat mengoptimalkan kinerja sistem inkubator telur ayam otomatis?
2. Bagaimana integrasi fitur pendeteksi hari penetasan telur dengan komponen lain dalam sistem inkubator dapat meningkatkan akurasi dan realibilitas penetasan telur?

C. Batasan Masalah

1. Mikrokontroller yang digunakan adalah jenis ESP32 DevKit-1.
2. Data suara dari sensor microphone untuk mengetahui pecah cangkang.
3. Telur yang diteliti hanya terbatas pada telur yang baru keluar dari induk ayam.
4. *Display* yang digunakan adalah LCD 16x2 sebanyak 1 buah.
5. Antarmuka yang digunakan adalah Thinger.io.

6. Variabel yang dibahas adalah hari penetasan telur ayam dan kondisi saat menetas.
7. Menggunakan Real Time Clock jenis DS3231 untuk menentukan waktu.
8. Pengidentifikasian setiap telur menggunakan RFID tag.
9. Penghitungan durasi penetasan telur ayam akan terhitung ketika telur sudah berada di inkubator.
10. Penelitian hanya difokuskan pada kinerja sistem fitur yang dibuat untuk penetasan telur ayam dan tidak membahas keseluruhan sistem otomatis penetasan telur.

D. Tujuan Dan Manfaat

Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan fitur pendeteksi hari penetasan telur ayam menggunakan RFID untuk pengoptimalan kinerja sistem inkubator otomatis.
2. Mengintegrasikan fitur pendeteksi hari penetasan telur dengan komponen lain dalam sistem inkubator untuk meningkatkan akurasi dan realibilitas proses penetasan telur.

Manfaat

1. Meningkatkan efektivitas penetasan telur yang akan memberikan informasi yang akurat secara real time dan pengguna dapat mengelola proses penetasan dengan lebih baik.
2. Meningkatkan keandalan sistem melalui integrasi yang optimal antara fitur pendeteksi hari penetasan dan komponen lain yang akan memberikan hasil penetasan yang lebih konsisten dan dapat diandalkan.
3. Tingkat keberhasilan penetasan telur ayam diharapkan akan meningkat dengan sistem yang lebih akurat dan mudah dipantau. Ini akan meningkatkan kualitas dan produktivitas ayam yang dihasilkan, serta mengurangi risiko kegagalan penetasan

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Tabel-1. Penelitian Terdahulu

N O	Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1	Mareta Zirana, Rizki Meisarah	Prototype Alat Penetas Telur Berbasis IoT	Penggunaan teknologi Internet of Things, berfokus pada optimalisasi penetasan telur ayam dan penggunaan sensor yang mengukur suhu, kelembapan dan kondisi telur lainnya	Menargetkan pengembangan fitur yang dapat memprediksi durasi penetasan telur ayam berdasarkan data klasifikasi, memberikan informasi lebih spesifik kepada peternak tentang hari penetasan setiap telur.

2	Taufik Hidayat (2023)	Rancang Bangun Alat Inkubator Penetas Telur Ayam Menggunakan Algoritma Finite State Machine Berbasis Arduino.	Pengembangan fitur untuk mengklasifikasi telur berdasarkan kondisi penetasan	Menggunakan data hasil klasifikasi dan pemantauan parameter yang ditampilkan melalui platform Thinger.io.
3	Erik Agustian Yulanda (2023)	Rancang Bangun Inkubator Telur Berbasis IoT Dengan Sumber Daya Listrik dari panel surya	Menyediakan pemantauan dan kontrol kondisi inkubator secara real-time, memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter penetasan dari jarak jauh.	Berfokus pada pengembangan fitur untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dan durasi penetasan.

B. Inkubator



Gambar 2. 1 Inkubator Otomatis

Inkubator adalah kotak berpemanas dan terisolasi yang digunakan untuk menumbuhkan dan memelihara kultur sel atau mikrobiologi. Banyak inkubator memiliki pengatur waktu yang dapat diprogram yang dapat mengubah suhu dan kelembapan. Perangkat berukuran mulai dari sistem besar seukuran lemari hingga unit kecil di atas meja.

C. Penetasan Telur

Ternak mengumpulkan telur dari ternak, memilih telur yang baik, menyimpannya, dan menetakkannya adalah semua bagian dari proses penetasan telur. Telur yang telah berumur tiga hari, dua hari, dan satu hari adalah yang terbaik untuk ditetaskan. Telur harus diletakkan di atas tray telur dengan bagian tumpul di atasnya. Anak ayam yang lahir harus dipetakan dan dipanggil dengan benar setelah telur tetap.

D. Teknik Penetasan Telur

Terdapat dua metode penetasan telur, yaitu penetasan manual dan menggunakan mesin. Penetasan manual dilakukan secara alami dengan membiarkan ayam mengerami telurnya atau menggunakan bahan tradisional seperti sekam dan karung goni. Metode ini sederhana dan murah, tetapi tidak memungkinkan pengawasan dan pengendalian kondisi lingkungan secara optimal. Sementara itu, penetasan menggunakan mesin dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Mesin manual membutuhkan pengaturan suhu dan kelembapan oleh manusia, sedangkan mesin otomatis menggunakan sensor untuk menyesuaikan kondisi secara otomatis sesuai kebutuhan penetasan.

E. Mikrokontroler ESP32



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan chip sistem terpadu (SoC) yang mengintegrasikan Bluetooth dan Wi-Fi. Mikrokontroler ini menawarkan beragam fitur yang mendukung berbagai aplikasi Internet of Things (IoT), termasuk 34 pin GPIO yang dapat diprogram. Pengembangan ESP32 dilakukan oleh Impressif Systems[4].

F. DHT11



Gambar 2. 3 Sensor DHT 11

Sensor DHT11 adalah sensor suhu dan kelembapan yang biasanya digunakan untuk mengumpulkan data tentang suhu dan kelembapan dalam ruangan atau lingkungan tertentu. Sensor ini memiliki 4 pin dan memerlukan tegangan 3.5V sampai 5.5V untuk beroperasi[5].

G. Software Arduino IDE



Gambar 2. 4 Software Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah software yang digunakan untuk menulis dan mengupload program ke board mikrokontroler. IDE ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan board Arduino ke komputer, mengupload program yang ditulis, dan mengkomunikasikan dengan mikrokontroler Arduino[6].

H. Bahasa Pemrograman Bahasa C++

C++ dikenal sebagai "C dengan Kelas" karena mendukung pemrograman berorientasi objek (OOP). Bahasa ini merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang paling banyak digunakan dalam pengembangan perangkat lunak saat ini, berkat fleksibilitasnya dan kemampuannya untuk menyederhanakan pengelolaan serta penggunaan data. Dengan menggunakan objek sebagai unit dasar, C++ memungkinkan pengembang untuk mengorganisir kode dengan lebih terstruktur[7].



Gambar 2. 5 Bahasa pemrograman C++

I. Pemanas

Pemanas untuk inkubator adalah komponen penting yang digunakan untuk menjaga suhu yang optimal dalam proses penetasan telur. Pemanas ini dirancang khusus untuk memanaskan ruang inkubator, memastikan bahwa suhu tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan embrio dalam telur.



Gambar 2. 6 Pemanas/Heater

J. Sensor Microphone

Sensor *microphone* adalah komponen yang digunakan untuk mendeteksi atau mengumpulkan suara. Sensor microphone terdiri dari mikrofon yang sangat sensitif dan dapat digunakan untuk mendeteksi atau mengumpulkan suara dengan analisis analog output dari mikrofon[8].



Gambar 2. 7 Sensor Microphone

K. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) adalah editor kode sumber yang dikembangkan oleh Microsoft, dirancang untuk komputer desktop dan kompatibel dengan sistem operasi Windows, macOS, dan Linux. Salah satu keunggulan utama dari VS Code adalah sifatnya yang gratis dan open-source, memungkinkan akses tanpa biaya bagi para pengembang[9].



Gambar 2. 8 Visual Studio Code

L. LCD 16x2 Keypad Shield

LCD 16x2 Keypad Shield adalah modul tampilan yang umum digunakan dalam berbagai perangkat elektronik, seperti kalkulator, robot permainan, televisi, dan layar komputer. Modul ini menggunakan Liquid Crystal Display (LCD) dengan konfigurasi 16 kolom dan 2 baris, mampu menampilkan hingga 192 karakter. Salah satu fitur unggulannya adalah adanya backlight, yang memudahkan pembacaan dalam kondisi pencahayaan rendah.[10].



Gambar 2. 9 Liquid Crystal Display 16x2 Blue Keypad

M. RTC DS3231

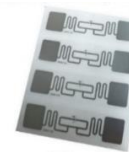
RTC merupakan *Real Time Clock* yang menerangkan bahwasannya modul RTC adalah sistem pengingat waktu dan tanggal yang menggunakan baterai sebagai sumber daya, sehingga modul ini tetap berjalan meskipun tidak ada daya utama. Modul ini memperbarui tanggal dan waktu secara *real-time* atau berkala, sehingga bisa mendapatkan informasi waktu dan tanggal yang akurat kapan pun dibutuhkan[11].



Gambar 2. 10 RTC DS3231

N. RFID Tag Label

Teknologi Radio Frequency Identification (RFID) memungkinkan identifikasi dilakukan tanpa kontak fisik melalui perangkat kecil yang terdiri dari chip dan antena. RFID TAG, yang memiliki kapasitas untuk menyimpan sekitar 2.000 byte data, berfungsi mirip dengan barcode tetapi memungkinkan pengambilan data tanpa kontak[14].



Gambar 2. 11 RFID tag label

O. Teknologi yang diterapkan

Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet dan dapat saling berkomunikasi serta bertukar data secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia. IoT mencakup berbagai perangkat yang dilengkapi dengan sensor, prosesor, dan perangkat lunak yang memungkinkan mereka untuk mengumpulkan, memproses, dan mengirim data ke cloud atau perangkat lain melalui jaringan internet[12].

Thingier.io

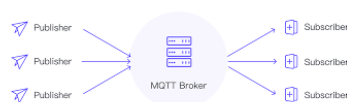
Thingier.io adalah platform Internet of Things yang open source yang menawarkan berbagai fitur yang membantu pengembang mengembangkan proyek Internet of Things. Fitur-fiturnya membantu pengembang mengembangkan berbagai macam proyek Internet of Things, seperti sistem pengumpulan data dari sensor, sistem pengontrolan motor, dan lain-lain. Platform ini dapat digunakan dalam berbagai industri, termasuk tetapi tidak terbatas pada pengumpulan data.[13].



Gambar 2. 12 Cara kerja platform Thingier.io

MQTT

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) adalah protokol pesan standar yang dirancang untuk komunikasi mesin-ke-mesin, khususnya dalam konteks Internet of Things (IoT). Protokol ini sangat cocok untuk perangkat yang memiliki sumber daya dan bandwidth terbatas, seperti sensor pintar dan perangkat yang dapat dikenakan. MQTT memungkinkan perangkat-perangkat ini untuk mengirim dan menerima data secara efisien melalui jaringan[14].



Gambar 2. 13 MQTT

III. METODE PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian tugas akhir dilaksanakan dalam jangka waktu 4 bulan. Pelaksanaan penelitian tugas akhir dilakukan di Universitas Jenderal Soedirman, Grendeng, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas.

B. ALAT DAN BAHAN

Dalam pelaksanaan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini menggunakan beberapa alat dan bahan yaitu perangkat keras berupa laptop Lenovo Ryzen 3 AMD, Software Arduino IDE, Web Browser Microsoft Edge, Mikrokontroler, Sensor Suhu dan Kelembapan, Sensor suara, Fan, Heater, LCD 16x2 Blue, Servo, dan RTC DS3231 juga RFID tag label.

C. TAHAP PENELITIAN

Tahap Persiapan dan Studi Literatur

Tahap pertama penelitian adalah persiapan dan studi literatur yang dilakukan untuk memperkuat dasar penelitian dan menjadi acuan untuk menyelesaikan masalah yang dibahas.

Tahap Perancangan

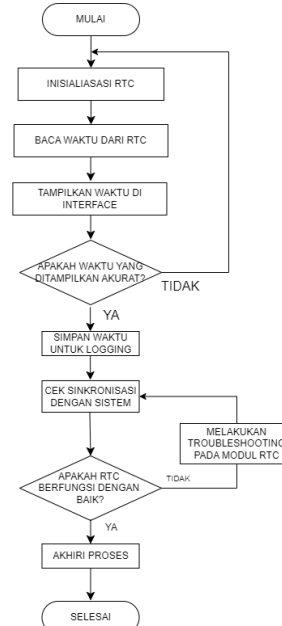
Dalam perancangan hardware, awalnya pembuatan PCB menggunakan software EasyEDA. PCB ini berfungsi untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik secara teratur. Tahap selanjutnya adalah menghubungkan berbagai komponen yang digunakan yaitu sensor suara, sensor suhu dan kelembapan, display 16x2, relay 2 channel, RTC DS3231, regulator, dan komponen lainnya ke PCB yang sudah siap digunakan.

Untuk perancangan perangkat lunak, spesifikasi perangkat lunak ditentukan menggunakan Bahasa Arduino, yang merupakan turunan dari C dan C++.

Proses ini melibatkan pengkodean yang akan diintegrasikan dengan hardware. Beberapa perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini mencakup Arduino IDE, Visual Studio Code, dan Thingier.io, yang memanfaatkan MQTT sebagai protokol komunikasi standar. Untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik, setiap komponen akan diuji setelah semua tahap perancangan hardware dan software selesai..

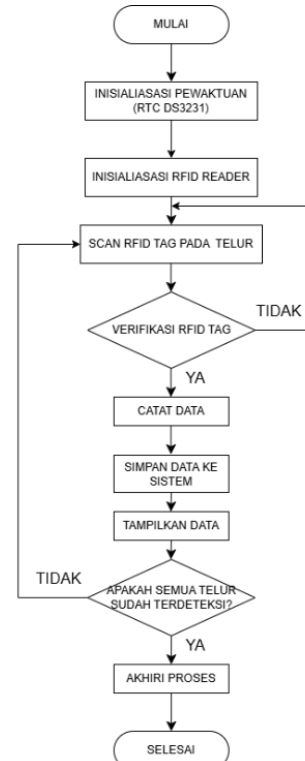
Tahap Pengujian

1. Pengujian RTC DS3231



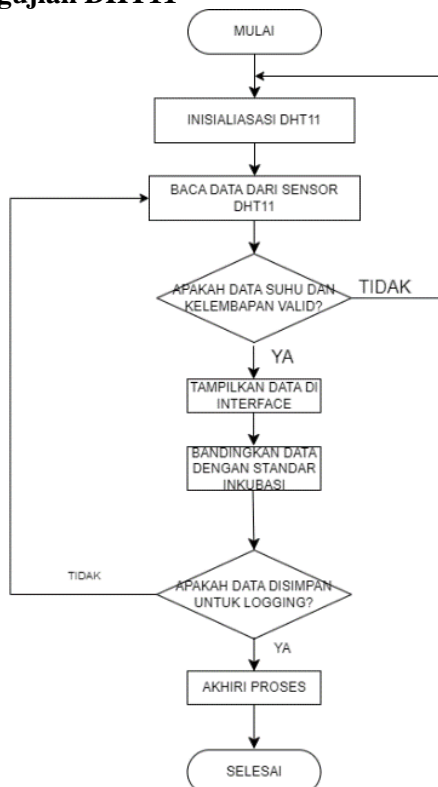
Gambar 3.1 Pengujian RFID

2. Pengujian RFID



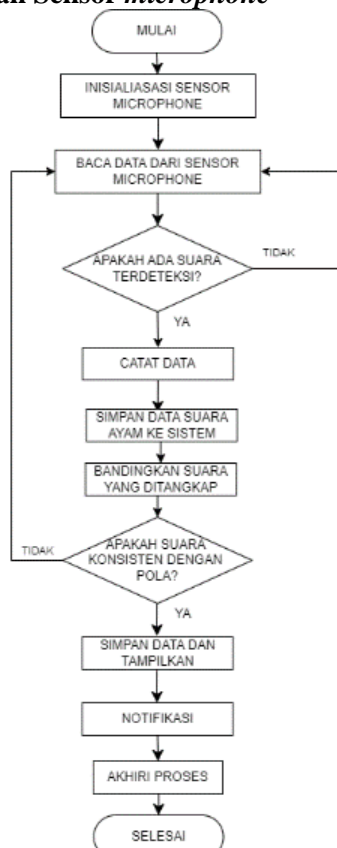
Gambar 3.2 Pengujian RTC DS3231

3. Pengujian DHT11



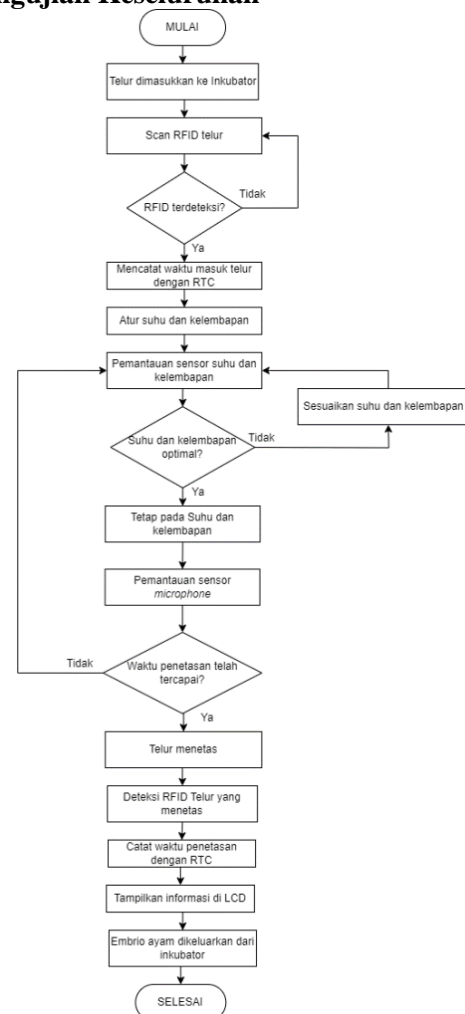
Gambar 3.3 Pengujian DHT11

4. Pengujian Sensor microphone



Gambar 3.4 Pengujian sensor microphone

5. Pengujian Keseluruhan



Gambar 3.5 Pengujian keseluruhan

Tahap Akhir dan Evaluasi

Penulis akan menyusun laporan yang merangkum hasil penelitian yang telah dilakukan dengan harapan dapat menyimpulkan hasil penelitian dalam bentuk sebuah karya tulis ilmiah. Evaluasi akan dilakukan juga untuk memperbaiki kinerja dari sistem inkubator otomatis penetasan telur ayam ini.

D. WAKTU DAN JADWAL PENELITIAN

Tabel-2 Timeline Penelitian

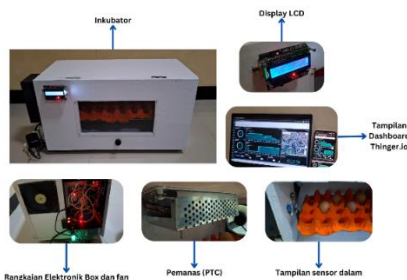
No	Alur Penelitian	Bulan ke 1				Bulan ke 2				Bulan ke 3				Bulan ke 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan dan Studi Literatur																
2	Perancangan																
3	Pengujian																
4	Tahap akhir dan Evaluasi																
5	Penulisan Laporan																

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Sistem Inkubator Otomatis

Sistem inkubator otomatis berbasis IoT ini dirancang untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proses penetasan telur. Dengan RTC DS3231, sistem dapat mencatat dan mengontrol durasi penetasan secara presisi. RFID digunakan untuk identifikasi unik setiap telur, mempermudah pengelolaan dan pemantauan. Sensor mikrofon mendeteksi suara retakan cangkang, memberikan tanda awal proses penetasan.

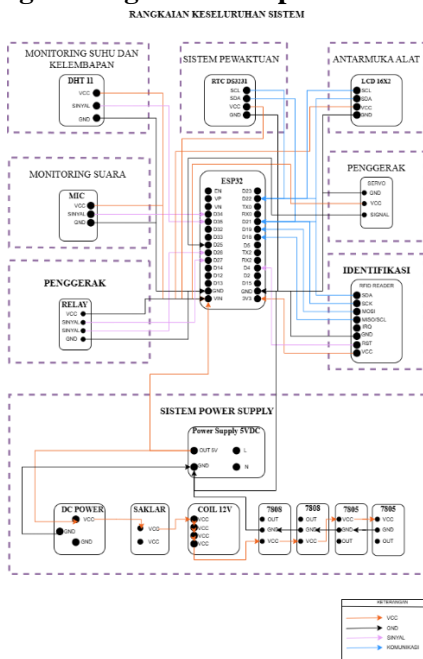
Data dari sensor, seperti suhu, kelembapan, dan suara, dipantau secara real-time melalui Thinger.io menggunakan protokol MQTT. Peternak dapat mengakses informasi ini melalui aplikasi atau browser, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efektif. Sistem juga dilengkapi dengan data logger untuk menyimpan informasi penting, memastikan data tetap aman meski terjadi gangguan jaringan. Selain itu, fitur keypad LCD 16x2 memudahkan pengguna untuk melihat data langsung, dan sumber daya 12V digunakan untuk menjalankan sistem ini secara efisien.



Gambar 4. 1 sistem inkubator tampak keseluruhan

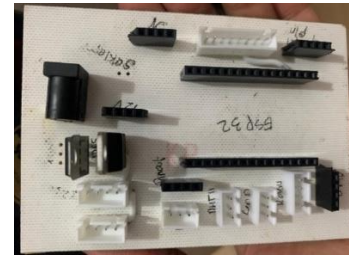
B. Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

1. Perancangan Rangkaian Komponen Elektronik



Gambar 4. 2 Perancangan keseluruhan sistem

2. Perancangan Printed Circuit Board (PCB)



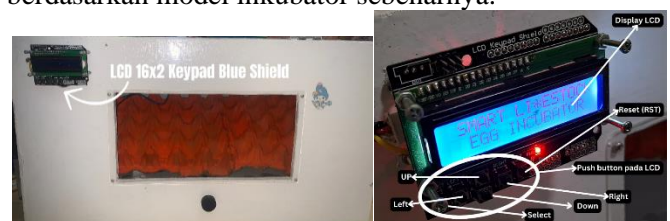
Gambar 4. 3 Hardware PCB

PCB yang telah selesai dibuat sesuai dengan desain awal memerlukan beberapa langkah penting. Dimulai dari pembuatan skematik di EasyEDA dengan mengelompokkan komponen sesuai fungsi dan menyusun pin berdasarkan pinout. Setelah itu, desain PCB dirancang dengan menyambungkan jalur sesuai skematik, dan proses penyelesaian dilakukan melalui metode penyetricaan untuk menempelkan jalur.

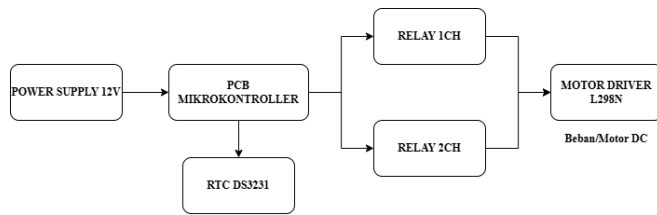
Untuk memastikan stabilitas level logika pada pin mikrokontroler atau perangkat digital lainnya, desain PCB dilengkapi dengan pull-up resistor. Resistor ini bertujuan mencegah kondisi floating yang dapat memicu sinyal noise atau perilaku sistem yang tidak diinginkan. Pada komponen seperti sensor mikrofon, modul RTC, LCD, dan RFID, pin SDA dan SCL ditarik menggunakan resistor pull-up untuk menjaga kestabilan logika. Terutama pada sensor mikrofon, resistor ini menghindari noise pada input yang dapat menyebabkan pembacaan sinyal acak jika input mikrokontroler dibiarkan tanpa sinyal atau referensi logika. Dengan resistor pull-up, kondisi logika HIGH tetap terjaga meski tanpa adanya sinyal eksternal..

3. Hasil Rancang Bangun Hardware

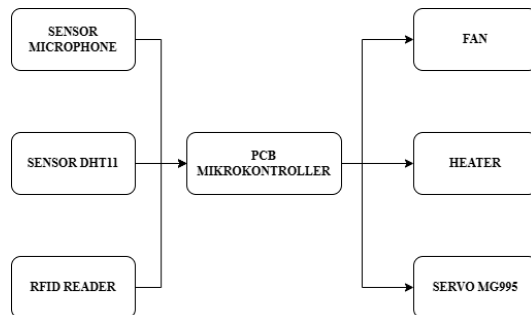
Setelah merancang rangkaian komponen, mengatur sistem kelistrikan, dan mendesain PCB untuk alat ini, langkah berikutnya adalah melakukan proses perakitan perangkat. Perangkat ini akan dirakit dan ditempatkan pada prototipe inkubator otomatis yang dirancang berdasarkan model inkubator sebenarnya.



Gambar 4. 4 (a) tampilan pada inkubator (b) tampilan pada LCD 16x2 Keypad Shield



Gambar 4. 5 komponen dalam box



Gambar 4. 6 sensor di inkubator

Sistem inkubator otomatis ini dapat mencapai kondisi inkubasi yang ideal dengan menggabungkan bagian-bagian ini. Sementara relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang memungkinkan pengontrolan perangkat daya tinggi, mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kendali. Untuk mendukung inkubasi yang lebih efektif dan terkontrol, semua sensor dan aktuator bekerja sama.

C. Perancangan Software

1. Pengaturan Awal Perangkat Lunak

Pengaturan awal perangkat lunak untuk sistem inkubator otomatis berbasis IoT mencakup inisialisasi mikrokontroler ESP32, konfigurasi jaringan internet, dan integrasi data dengan platform Thinger.io. Sistem ini memanfaatkan protokol MQTT untuk menghubungkan perangkat dengan server, memungkinkan pemantauan kondisi seperti suhu, kelembapan, dan status penetasan telur secara *real-time*. Data dari berbagai sensor, termasuk DHT11, mikrofon, RFID, dan RTC DS3231, diolah dan ditampilkan melalui fungsi Serial.print. Komponen seperti relay kipas dan pemanas diatur pada kondisi awal untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembapan. Semua pengaturan ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem beroperasi secara efisien dan mendukung pemantauan serta pengelolaan inkubator secara optimal.

2. Perancangan ID RFID

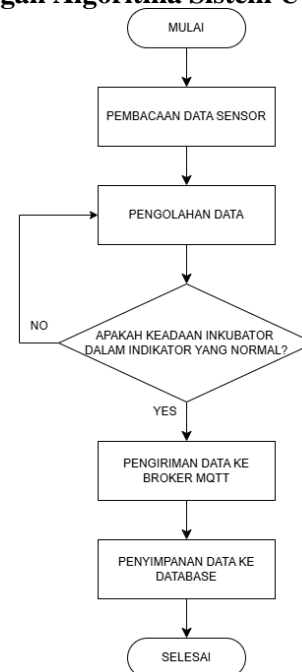
Pembuatan ID RFID digunakan untuk memantau setiap telur dengan mengintegrasikannya ke seluruh sensor dan komponen yang ada. ID RFID ini berasal dari stiker yang dipasang pada masing-masing telur, yang berisi label bawaan pabrik. Untuk membaca ID tersebut, dapat dilakukan dengan mencocokkan data melalui pembaca RFID sesuai dengan waktu yang tertera.

Proses pembuatan ID pada stiker RFID dilakukan dengan perangkat RFID reader/writer yang menulis informasi ke dalam chip RFID yang tertanam pada stiker. Perangkat ini menggunakan modul RFID atau MFRC522 yang mendukung proses pembacaan dan penulisan data. Dalam proses ini, data seperti ID unik dimasukkan ke dalam memori tag RFID. Perangkat lunak seperti Arduino IDE atau software RFID reader/writer digunakan untuk menulis data tersebut.

Modul RFID Arduino dapat terhubung ke mikrokontroler, seperti Arduino Uno, untuk menulis data ke stiker RFID. Setelah perangkat keras siap, program diunggah untuk menulis angka atau string ke tag RFID. Data yang telah ditulis akan tersimpan dalam chip RFID dan dapat dibaca kembali kapan saja. Pada aplikasi yang lebih kompleks, ID yang telah dibuat dapat dikirim ke server dan disimpan dalam database untuk sistem manajemen, seperti kontrol akses atau pelacakan inventaris. Proses ini memastikan setiap stiker RFID memiliki data unik yang bisa digunakan kapan saja.

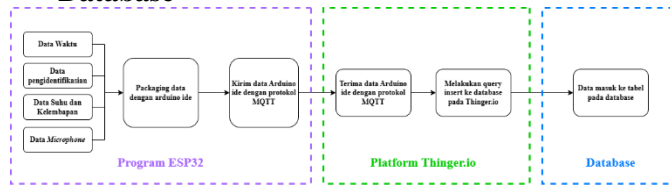
Dalam desain ini, terdapat lima telur yang masing-masing dipasang stiker RFID dengan ID unik, yaitu 3FA2C412, 895BD37E, 024FA9B1, 6D3CE819, dan FF007AC5. Telur pertama dengan ID 3FA2C412 dimasukkan pada tanggal 29 September 2024, telur kedua dengan ID 895BD37E dimasukkan pada 15 Oktober 2024, telur ketiga dengan ID 024FA9B1 dimasukkan pada 25 Oktober 2024, telur keempat dengan ID 6D3CE819 juga dimasukkan pada 25 Oktober 2024, dan telur kelima dengan ID FF007AC5 dimasukkan pada 1 November 2024.

3. Perancangan Algoritma Sistem Utama



Gambar 4. 7 Diagram alir algoritma sistem utama

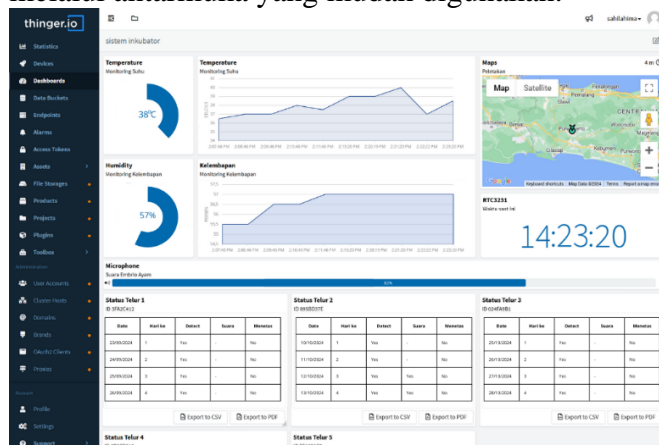
4. Algoritma Interaksi Sistem Utama dengan Database



Gambar 4. 8 Alur penyimpanan data sistem ke database

5. Perancangan Thinger.io untuk Antarmuka

Thinger.io adalah platform interaktif yang memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan infrastruktur *Internet of Things* secara *real-time* melalui *dashboard* yang mudah digunakan. Pertama, antarmuka ini dirancang untuk mendaftarkan perangkat IoT, seperti ESP32, dengan menggunakan kredensial khusus platform Thinger.io. Perangkat ini diatur untuk menerima perintah pengguna untuk mengontrol komponen seperti relay, motor, atau servo, dan mengirimkan data sensor seperti suhu dan kelembapan ke *platform*. Pada *dashboard*, ada widget seperti pengukur untuk menampilkan data suhu, grafik untuk melacak perubahan kelembapan, dan tombol kontrol untuk mengoperasikan peralatan seperti kipas atau pemanas. Setiap widget dirancang untuk terhubung dengan data atau perintah yang tepat, memastikan interaksi yang lancar antara pengguna dan perangkat IoT. Dengan kredensial unik dan koneksi terenkripsi, keamanan data dijamin. Akibatnya, pengguna dapat dengan mudah mengontrol sistem inkubator otomatis dari jarak jauh dan memantau kondisinya melalui antarmuka yang mudah digunakan.



Gambar 4. 9 Tampilan Dashboard Thinger.io

D. Pengujian Alat

1. Pengujian Kinerja Komponen

Ada 4 komponen utama yang akan diuji yaitu pada RTC DS3231, RFID, Sensor DHT 11 dan juga mikrofon.

Pengujian Pembacaan Waktu

Menggunakan RTC DS3231 untuk pembacaan waktu dihasilkan seperti berikut.

Tabel-3 Pengujian Modul RTC DS3231

No	Kondisi Telur	Input Telur	Output	Waktu Tercatat	Hasil
1.	1 hari	Status telur 1	29/09/2024	9:47:23 AM	Tercatat
2.	1 hari	Status telur 2	15/10/2024	8:27:07 AM	Tercatat
3.	1 hari	Status telur 3	25/10/2024	11:21:17 AM	Tercatat
4.	1 hari	Status telur 4	25/10/2024	6:23:13 PM	Tercatat
5.	1 hari	Status telur 5	01/11/2024	10:20:35 AM	Tercatat

Pengujian Pengidentifikasian Telur Ayam

Dengan menggunakan RFID Tag label dan RFID Reader untuk pengidentifikasian masing-masing telur ayam dihasilkan seperti tabel berikut.

Tabel-4 Pengujian Sensor RFID

No	Telur	Delay Pembacaan	Jarak Pembacaan	Hasil
1.	3FA2C412	3 detik	2 cm	Terbaca
2.	895BD37E	3 detik	2 cm	Terbaca
3.	024FA9B1	4 detik	3 cm	Terbaca
4.	6D3CE819	7 detik	2 cm	Terbaca
5.	FF007AC5	2 detik	1 cm	Terbaca

Pengujian Suhu dan Kelembapan pada Inkubator

Untuk pengujian ini menggunakan sensor DHT11 untuk pembacaan suhu dan kelembapan dihasilkan seperti berikut.

Tabel-5 Pengujian Sensor DHT11

No	Waktu Pengujian	Suhu Terbaca	Kelembapan Terbaca	Kondisi Inkubator	Hasil
1.	10:17:33 AM	37°C	56%	Inkubator tertutup	Valid
2.	11:23:05 AM	36°C	55%	Inkubator tertutup	Valid
3.	12:37:41 PM	32,3°C	68%	Indikator terbuka selama 10 detik	Tidak Valid
4.	01:41:35 PM	38°C	57%	Kondisi stabil	Valid
5.	02:46:01 PM	37°C	59%	Kondisi stabil	Valid

Pegujian Suara Ayam

Menggunakan sensor mikrofon untuk pengujian suara anak ayam dihasilkan seperti berikut.

Tabel-6 Pengujian Sensor Microphone

No	Waktu Pengujian	Prosentase Input Suara	Respon Sistem	Kondisi Lingkungan
1.	09:15:23 AM	42%	Baik	Inkubator tertutup
2.	02:35:07 PM	47%	Baik	Inkubator tertutup
3.	03:37:41 PM	78%	Kurang baik	Indikator terbuka selama 10 detik diberi suara
4.	04:41:35 PM	83%	Kurang baik	Ramai orang
5.	02:46:01 AM	37%	Baik	Sepi, inkubator tertutup
6.	03:27:08 AM	31%	Baik	Sepi, inkubator terbuka
7.	10:38:11 AM	87%	Baik	Suara anak ayam didalam inkubator tertutup
8.	10:45:21 AM	85%	Baik	Suara anak ayam didalam inkubator keadaan tertutup

2. Pengujian Fungsionalitas Algoritma Sistem

Terdapat beberapa pengujian yang akan diuji dari beberapa sensor dan pembacaan lainnya hasil yang diharapkan dan pengujian validasinya akan tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel-7 Hasil pengujian fungsionalitas algoritma sistem

No	Aspek yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Hasil
1	Pembacaan Data dari Sensor	Data suhu, kelembapan dan juga suara terbaca secara akurat sesuai dengan kondisi nyata.	Suhu= 37°C-39°C Kelembapan= 55%-60% Suara=92%, keadaan inkubator tertutup	Valid
2	Pembacaan RTC DS3231	Waktu yang terbaca sesuai dengan waktu aktual dengan selisih maksimal 1 menit..	Waktu terbaca dalam format waktu 24 jam dan di thinger.io mencatat waktu 12 jam dimana data mudah dipahami, dengan jeda waktu 53 detik.	Valid
3	Pembacaan Data RFID	ID tag RFID terbaca dengan akurat dan ditampilkan pada sistem.	Terbaca ID yang telah dibuat.	Valid
4	Pengiriman Data ke Thinger.io	Data berhasil dikirim dan ditampilkan di dashboard Thinger.io.	Berhasil dikirim dan ditampilkan namun terdapat keterlambatan beberapa menit dan harus diulang Kembali.	Valid (terlambat)
5	Penyimpanan Data di Database	Semua data yang dikirim sesuai dengan data aktual yang terbaca di sistem.	Terkirim dan terbaca untuk data yang telah dikirimkan	Valid
6	Aktivasi Aktuator (Kipas/Heater)	Kipas dan pemanas aktif/mati sesuai dengan logika algoritma yang dirancang.	Saat suhu terlalu tinggi fan akan bergerak dan saat suhu terlalu rendah heater akan menyala.	Valid
7	Pergerakan Servo	Servo bergerak dengan sudut yang sesuai dan kembali ke posisi awal setelah selesai.	Servo dengan kemiringan 20° mampu menggerakkan tempat telur agar merata panasnya.	Valid
8	Ketepatan Logika Algoritma	Semua skenario berjalan sesuai dengan desain logika sistem.	Semua komponen yang terpasang bergerak sesuai perintah dari program yang diberikan untuk mengerakkannya.	Valid

3. Pengujian Antarmuka Dashboard

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati antarmuka dashboard apakah dapat menampilkan data yang dikirimkan oleh sistem dengan baik dan dapat optimal atau tidak juga dapat mengamati kontrol manual yang ada pada dashboard dapat bekerja atau tidak. Dapat dilihat dalam gambar berikut untuk dashboard yang digunakan dalam *thinger.io*.



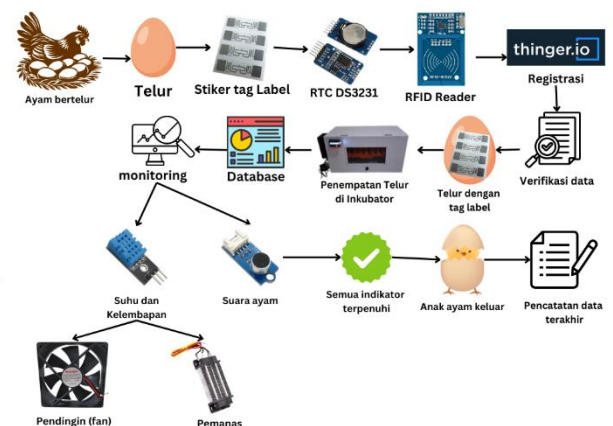
Gambar 4. 10 contoh indikator pada telur 1

4. Pengujian Penerapan Sistem pada Purwarupa Inkubator Otomatis

Pada penerapan sistem prototipe inkubator, proses dimulai dengan pemberian label RFID pada telur untuk integrasi dengan RFID Reader. ID bawaan pabrik dari tag RFID akan terbaca dan ditampilkan di Thinger.io. Setelah data teregistrasi dan diverifikasi, telur dimasukkan ke inkubator yang dirancang untuk proses penetasan optimal. Data disimpan dalam database dan dapat dipantau melalui Thinger.io sesuai kebutuhan.

Monitoring dilakukan untuk memantau suhu, kelembapan, dan suara anak ayam. Jika suhu atau kelembapan tidak sesuai, aktuator akan aktif secara otomatis, misalnya pendingin menyala saat suhu tinggi, dan pemanas bekerja saat suhu rendah. Suhu ideal berkisar 37°C–40°C, dan kelembapan 55%–74%.

Setelah 21 hari, suara anak ayam dengan intensitas lebih dari 85% menandakan proses penetasan berhasil. Data terakhir dicatat, termasuk ID telur yang menetas, kondisi suhu, kelembapan, serta status pendingin dan pemanas. Alur proses ini didukung oleh diagram di bawah.



Gambar 4. 11 Alur deteksi telur di inkubator berbasis IoT

E. Hasil Pengujian

Dalam pengujian sistem inkubator otomatis berbasis IoT, lima telur diuji dengan waktu pemrosesan berbeda, dan semua berhasil menetas. Setiap telur dimasukkan pada waktu yang berbeda, menunjukkan keberhasilan inkubator dalam menetas telur ayam. Komponen-komponen bekerja terkoordinasi untuk mengoptimalkan proses inkubasi, dengan data tiap telur, termasuk tanggal masuk, ditampilkan dalam tabel.

Sistem ini mengintegrasikan komponen utama seperti RTC DS3231, sensor RFID, DHT11, sensor mikrofon, dan platform Thinger.io. RTC DS3231 mencatat waktu secara *real-time*, memungkinkan

pemantauan perkembangan telur. Pengujian RTC menunjukkan akurasi tinggi dalam mencatat waktu telur dimasukkan dan waktu penetasan.

Sensor RFID mengidentifikasi telur secara unik menggunakan stiker label RFID, yang terbaca dalam jarak 1-3 cm dengan waktu delay 2-7 detik, memudahkan pelacakan telur. Sensor DHT11 memantau suhu (32,3–38°C) dan kelembapan (55–68%). Pengujian menunjukkan data valid jika inkubator tertutup, namun pembacaan tidak valid jika terbuka lebih dari 10 detik, yang penting untuk menjaga lingkungan ideal bagi penetasan.

Sensor mikrofon mendeteksi suara retakan cangkang atau anak ayam yang baru menetas, dengan sensitivitas 75-100%. Suara ini memberi indikasi awal bahwa penetasan telah dimulai, ditampilkan di dashboard Thinger.io sebagai notifikasi untuk tindakan selanjutnya.

Thinger.io digunakan sebagai antarmuka untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh, menampilkan data suhu, kelembapan, suara, dan ID telur. Fitur kontrol memungkinkan pengaturan kipas, pemanas, dan rotasi rak telur menggunakan servo MG995 dengan kemiringan 20° untuk distribusi suhu dan kelembapan yang merata.

Tabel-8 Hasil Pengujian

Komponen	Parameter yang Diuji	Hasil Pengujian	Keterangan
Mikrokontroler	Pengolahan data dan kendali	Data diolah dengan baik dan tanpa delay	Mikrokontroler mampu mengatur semua komponen
Fan	Kecepatan dan efisiensi sirkulasi udara	Sirkulasi udara optimal	Fan bekerja sesuai kebutuhan lingkungan
Sensor Microphone	Deteksi suara (anak ayam)	Suara terdeteksi	Sensor berhasil mendeteksi suara dengan baik
Servo MG995	Gerakan (rotasi sudut)	Rotasi akurat dan responsif	Servo berfungsi sesuai skenario rotasi 20 derajat
Sensor DHT11	Pengukuran suhu dan kelembapan	Akurasi suhu $\pm 2^{\circ}\text{C}$, kelembapan $\pm 5\%$	Hasil sesuai spesifikasi sensor
RFID Reader	Deteksi ID tag RFID	Semua ID tag terdeteksi	Jarak optimal deteksi: 5 cm
Pemanas	Pemanasan ruang incubator	Pemanasan stabil	Bekerja sesuai kebutuhan lingkungan
Relay	Kendali perangkat (on/off)	Switching cepat dan stabil	Relay dapat mengendalikan perangkat listrik

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem inkubator otomatis berbasis IoT dapat menciptakan lingkungan ideal untuk penetasan telur ayam dengan menjaga suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11, serta mendistribusikan panas secara merata melalui mekanisme rotasi rak telur menggunakan aktuator servo MG955.
2. Pencatatan waktu menggunakan RTC DS3231 menghasilkan waktu 24 jam dengan hasil pengujian, RTC DS3231 mencatat waktu input telur dengan akurasi tinggi untuk semua sampel. Rentang waktu pencatatan input bervariasi sesuai urutan telur, seperti telur pertama tercatat pada 29/09/2024 pukul 09:47:23 dan terakhir pada 01/11/2024 pukul 10:20:35. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memonitor setiap telur secara real-time dan konsisten tanpa kehilangan data.
3. Pengujian RFID menunjukkan pembacaan ID tag pada jarak efektif 1–3 cm dengan waktu delay 2–7 detik, bergantung pada posisi dan jenis tag. Setiap telur dilabeli RFID tag unik, seperti 3FA2C412 dan FF007AC5, yang terbaca akurat oleh RFID Reader. Data ID ini terintegrasi dengan pencatatan waktu RTC, memungkinkan pelacakan perkembangan telur yang presisi dan sistematis.
4. Sensor *microphone* secara efektif mendeteksi suara anak ayam sebagai tanda awal penetasan, memungkinkan pengguna mendapatkan notifikasi tanpa perlu pengawasan langsung. Dengan beberapa indikator yang dapat disimpulkan saat pengujian yaitu <45 baik, ≥ 45 juga <85 kurang baik dan ≥ 85 adalah suara anak ayam yang terdeteksi.
5. Integrasi teknologi IoT memastikan operasi sistem berjalan otomatis dan efisien, mendukung pelacakan data penetasan, serta meningkatkan keberhasilan penetasan melalui sensor suhu, kelembapan, dan suara anak ayam yang optimal.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis memberikan beberapa saran guna pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Menggunakan sensor yang lebih presisi untuk menggantikan DHT11 dengan DHT22 akan meningkatkan pengukuran suhu dan kelembapan, memungkinkan pemantauan yang lebih baik atas kondisi inkubator.
2. Mengintegrasikan Notifikasi Darurat Fitur Notifikasi melalui SMS atau aplikasi mobile akan memungkinkan pengguna untuk mengetahui kondisi kritis secara langsung tanpa harus terus memantau sistem.

3. Panel surya dapat digunakan untuk mendukung operasi sistem di wilayah dengan akses listrik yang terbatas, sekaligus mengurangi biaya energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Zahra, "PROTOTYPE ALAT PENETAS TELUR BERBASIS IOT PROYEK AKHIR". Accessed: Aug. 30, 2024. [Online] Available: <http://bit.ly/3DoNXbU>
- [2] T. Hidayat, "Rancang Bangun Alat Inkubator Penetas Telur Ayam Menggunakan Algoritma Finite State Machine Berbasis Arduino," *sl_ti*, STMIK Widya Cipta Dharma, 2024. Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://repository.wicida.ac.id/5303/>
- [3] E. A. Yulanda, "Rancang Bangun Inkubator Telur Berbasis IoT Dengan Sumber Daya Listrik Dari Panel Surya," *OKTAL J. Ilmu Komput. Dan Sains*, vol. 2, no. 08, Art. no. 08, Aug. 2023.
- [4] Admin, "Getting Started with the ESP32 Development Board | Random Nerd Tutorials." Accessed: Mar. 08, 2024. [Online]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>
- [5] Admin, "DHT11-Temperature and Humidity Sensor," Components101. Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor>
- [6] Admin, "Using the Arduino Software (IDE) | Arduino Documentation." Accessed: Mar. 08, 2024. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/the-arduino-software-ide/>
- [7] A. H. Sihotang, "Memahami Esensi Bahasa Pemrograman C++," Dicoding Blog. Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/memahami-esensi-bahasa-pemrograman-c/>
- [8] I. Mekongga and H. Ramadhan, "Implementasi Sensor Suara Sebagai Pengendali Gerakan Robot Penari Humanoid dengan ATMEGA 8535".
- [9] Admin, "Visual Studio Code - Code Editing. Redefined." Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
- [10] Admin, "LCD 1602 with keypad, suddenly not displaying - Hardware," Arduino Forum. Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://forum.arduino.cc/t/lcd-1602-with-keypad-suddenly-not-displaying/1132980>
- [11] Admin, "Modul RTC DS3231 – RezArduino." Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://arduino.rezaervani.com/2019/03/02/modul-rtc-ds3231/>
- [12] Admin, "What is the Internet of Things (IoT)? | IBM." Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things>
- [13] Admin, "Thingier.io | Open Source IoT Platform," Thingier.io. Accessed: Mar. 08, 2024. [Online]. Available: <https://thingier.io/>
- [14] E. Team, "What Is the MQTT Protocol: A Beginner's Guide," *www.emqx.com*. Accessed: Aug. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.emqx.com/en/blog/the-easiest-guide-to-getting-started-with-mqtt>