



PENGEMBANGAN MESIN PENETAS TELUR BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 SEBAGAI SISTEM PEMANTAUAN DENGAN NOTIFIKASI REAL-TIME

Indah Laela Salsabilah¹, Juniardi Akhir Putra²

^{1,2}Universitas Teknologi Sumbawa

Email: indahlaelasalsabilah@gmail.com¹, juniardi.akhir.putra@uts.ac.id²

Abstrak

Proses penetasan telur ayam sangat dipengaruhi oleh kestabilan suhu dan kelembapan di dalam inkubator. Pada peternakan ayam kampung milik Bapak Anto di Desa Boak, Kecamatan Moyo Hulu, proses pemantauan masih dilakukan secara manual sehingga peternak harus melakukan pengecekan secara langsung. Cara tersebut kurang efisien karena dapat menyebabkan perubahan suhu dan kelembapan di dalam inkubator serta berisiko menurunkan tingkat keberhasilan penetasan. Selain itu, peternak juga mengalami kesulitan dalam mengetahui kondisi inkubator secara real-time ketika berada di luar lokasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan mesin penetas telur berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pemantauan suhu, kelembapan, kondisi visual inkubator, serta memberikan notifikasi secara real-time kepada pengguna. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tahapan pengumpulan data melalui studi pustaka, observasi dan wawancara, dilanjutkan dengan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pengadaan komponen, perakitan alat, pengujian, serta analisis dan evaluasi. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan, ESP32-CAM untuk pemantauan visual, sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan, modul relay untuk mengendalikan lampu pemanas dan kipas, serta Telegram sebagai media notifikasi berbasis Internet of Things (IoT). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu inkubator berada pada kisaran 36,2°C–37,9°C dan kelembapan berkisar antara 59,5%–64,5% sesuai dengan logika kontrol yang diterapkan. Sistem juga berhasil menampilkan kondisi inkubator secara real-time, mengirimkan notifikasi melalui Telegram ketika terjadi aktivitas yang terdeteksi oleh sensor PIR, serta memungkinkan pengguna melakukan pemantauan tanpa harus membuka inkubator secara langsung. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat membantu peternak dalam melakukan pengawasan proses penetasan telur secara lebih efektif, efisien dan mudah diakses dari jarak jauh.

Kata Kunci: ESP32, Internet of Things (IoT), Mesin Penetas Telur, Monitoring, Notifikasi Real-Time, Telegram.

Abstract

The hatching process of chicken eggs is significantly influenced by the stability of temperature and humidity inside the incubator. At Mr. Anto's free-range chicken farm in Boak Village, Moyo Hulu District, monitoring is still done manually, requiring farmers to conduct direct inspections. This method is inefficient because it can cause changes in temperature and humidity inside the incubator and risk reducing the hatching success rate. Furthermore,



farmers also experience difficulty in monitoring the incubator's condition in real time when they are away from the site. This research aims to develop an ESP32 microcontroller-based egg incubator capable of monitoring temperature, humidity, and visual incubator conditions, as well as providing real-time notifications to users. The research method used is an experimental method, with data collection through literature review, observation, and interviews, followed by needs identification, system design, component procurement, equipment assembly, testing, and analysis and evaluation. The system was developed using an ESP32 as the main controller, a DHT22 sensor for temperature and humidity readings, an ESP32-CAM for visual monitoring, a PIR sensor for motion detection, a relay module for controlling the heating lamp and fan, and Telegram as an Internet of Things (IoT)-based notification medium. Test results showed that the system was able to maintain the incubator temperature between 36.2°C and 37.9°C and humidity between 59.5% and 64.5%, according to the implemented control logic. The system also successfully displayed the incubator's condition in real time, sent notifications via Telegram when activity detected by the PIR sensor occurred, and allowed users to monitor the incubator without having to directly open the incubator. Thus, the developed system can help farmers monitor the egg hatching process more effectively, efficiently, and easily accessed remotely.

Keywords: *ESP32, Internet of Things (IoT), Egg Incubator, Monitoring, Real-Time Notification, Telegram.*

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan unggas memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan protein hewani masyarakat. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan produksi unggas adalah tingkat keberhasilan proses penetasan telur. Selama proses inkubasi, perkembangan embrio sangat dipengaruhi oleh kestabilan suhu dan kelembapan di dalam inkubator. Suhu ideal untuk penetasan telur ayam berada pada kisaran 37–38°C dengan kelembapan relatif sekitar 55–75%, bergantung pada fase inkubasi. Ketidakstabilan kedua parameter tersebut dapat menyebabkan terganggunya perkembangan embrio hingga menurunkan persentase daya tetas telur, (Wahyu Yani Fatkhur Rohman, Mochammad Arif Irfa'i, Basuki, 2022).

Berdasarkan hasil observasi di peternakan ayam kampung milik Bapak Anto di Desa Boak, Kecamatan Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa, proses pemantauan kondisi inkubator masih dilakukan secara manual. Peternak harus melakukan pemeriksaan secara langsung untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembapan sehingga membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih besar. Selain itu, pembukaan inkubator secara berulang dapat memengaruhi kestabilan suhu dan kelembapan di dalam ruang penetasan. Kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab



keterlambatan penanganan ketika terjadi perubahan lingkungan yang dapat mengganggu perkembangan embrio selama proses inkubasi,

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem pemantauan dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu perangkat yang banyak digunakan karena telah dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi, memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan platform komunikasi. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, kondisi inkubator dapat dipantau dari jarak jauh sehingga peternak dapat memperoleh informasi secara cepat tanpa harus berada di lokasi, (Fajar Bagus Wahyudin et al., 2026).

Salah satu penelitian yang relevan dan menjadi dasar pengembangan dalam penelitian ini berjudul Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis dan Kontroling Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Penelitian tersebut telah berhasil mengembangkan mesin penetas telur otomatis yang mampu mengendalikan suhu dan kelembapan secara terprogram. Namun demikian, sistem yang dikembangkan masih terbatas pada fungsi pengendalian dasar dan belum dilengkapi dengan pemantauan visual kondisi internal inkubator serta sistem notifikasi real-time berbasis IoT, (Samsul et al., 2025).

Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengendalian parameter lingkungan menggunakan aplikasi monitoring, seperti Blynk, tanpa dilengkapi fitur pemantauan visual kondisi inkubator maupun sistem notifikasi otomatis ketika terjadi aktivitas penetasan. Selain itu, beberapa penelitian yang telah menggunakan ESP32-CAM masih menerapkan pengambilan gambar secara berkala sehingga kurang efisien dalam penggunaan sumber daya dan belum mampu memberikan informasi berdasarkan kejadian (event-driven).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan mesin penetas telur berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor DHT22, sensor Passive Infrared (PIR), ESP32-CAM, modul relay, dan aplikasi Telegram sebagai media notifikasi real-time. Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan inkubator, sedangkan sensor PIR berfungsi mendeteksi aktivitas di dalam inkubator sebagai pemicu pengambilan gambar oleh ESP32-CAM. Informasi kondisi inkubator kemudian dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time tanpa membuka inkubator secara langsung.



Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan mesin penetas telur berbasis Internet of Things yang mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan inkubator, menyediakan pemantauan visual secara real-time, serta memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna ketika terjadi aktivitas di dalam inkubator. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengawasan, mengurangi ketergantungan terhadap pemantauan manual, serta membantu meningkatkan keberhasilan proses penetasan telur.

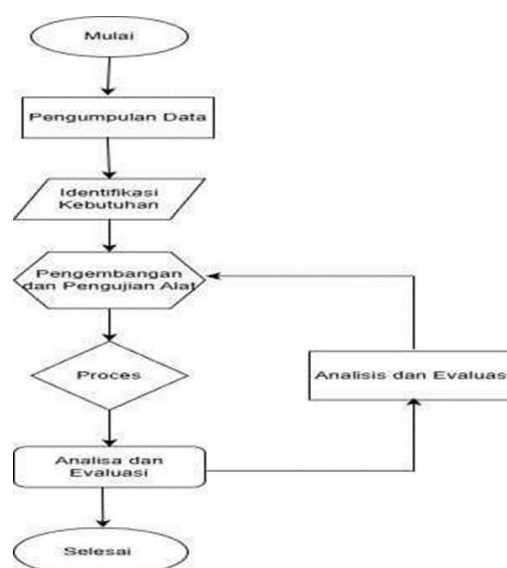
2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan di penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimental yang merupakan percobaan yang dilakukan secara terencana yang meliputi desain alat, pengadaan komponen, perancangan dan pengujian alat. Pada bab ini peneliti akan menjelaskan alur atau tahapan tahapan penelitian yang dilakukan dalam pengembangan Mesin penetas telur Berbasis Mikrokontroler ESP32 sebagai Sistem Pemantauan dengan notifikasi real-time.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk menggambarkan tahapan penelitian secara sistematis mulai dari pengumpulan data hingga analisis dan evaluasi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Pengumpulan Data

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Adapun metode pengumpulan data menggunakan metode penelitian yaitu metode Mixed Methods. Metode Mixed Methods adalah gabungan antara metode kuantitatif dan kualitatif yang digunakan untuk penulisan skripsi ini dengan beberapa kegiatan yang dilakukan diantaranya studi pustaka, observasi dan wawancara.

a. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan peneliti meneliti referensi atau literature yang dilakukan dalam penelitian. Penulis melakukan pengumpulan data dengan cara memahami buku referensi yang didapatkan di perpustakaan, serta mencari artikel atau jurnal di internet yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini.

b. Observasi

Pada tahap ini, peneliti melakukan survei lokasi untuk mengumpulkan data-data atau informasi. Survei ini dilakukan di peternakan ayam kampung bapak Anto yang berlokasi di desa Boak Kecamatan Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa Besar yang bertujuan untuk memahami kondisi nyata proses penetasan telur secara tradisional, kebutuhan pemantauan suhu kelembapan, serta kendala umum yang dialami dalam pemantauan peternak.

c. Wawancara

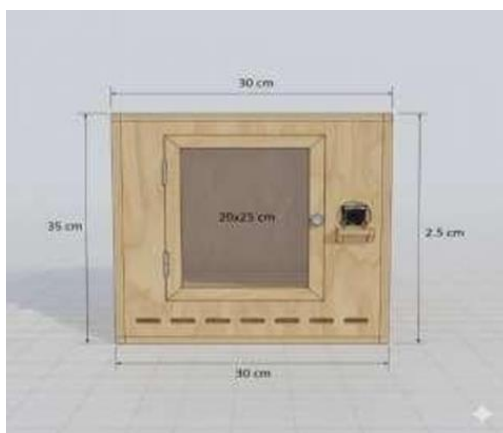
Pengumpulan data melalui wawancara dilakukan dengan melibatkan interaksi langsung antara peneliti dan informan untuk memperoleh informasi yang bersifat mendalam, khususnya terkait permasalahan yang dihadapi pengguna dalam proses penetasan telur. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan wawancara dengan peternak ayam kampung yang berpengalaman, yaitu Anto. Wawancara ini bertujuan untuk menggali berbagai kendala yang umum terjadi selama proses penetasan, terutama terkait ketidakstabilan suhu dan kelembapan serta keterbatasan pemantauan manual. Informasi yang diperoleh dari wawancara menjadi dasar penting dalam merumuskan kebutuhan sistem, khususnya pengembangan fitur pemantauan kondisi inkubasi secara real-time dan pengiriman notifikasi otomatis ketika terjadi perubahan parameter yang berpotensi



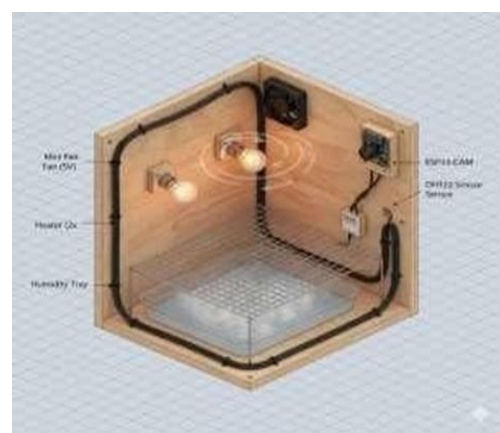
mengganggu proses penetasan. Selain itu, data wawancara juga memperkuat urgensi penggunaan teknologi berbasis mikrokontroler ESP32, kamera ESP32-CAM, serta Internet of Things (IoT) sebagai solusi dalam meningkatkan efektivitas pengawasan dan meminimalkan risiko kegagalan penetasan akibat keterlambatan deteksi perubahan kondisi lingkungan.

Desain Alat

Tahap desain alat merupakan langkah lanjutan setelah proses identifikasi kebutuhan selesai dilakukan. Pada tahap ini, seluruh rancangan sistem disusun secara rinci sebagai acuan dalam pembuatan prototipe mesin penetas telur berbasis mikrokontroler ESP32. Proses desain difokuskan pada penyusunan bentuk fisik alat, penempatan komponen, serta integrasi sistem pemantauan dan notifikasi real-time agar alat dapat berfungsi secara optimal. Desain ini berperan sebagai pedoman utama dalam proses perakitan prototipe sehingga setiap komponen yang digunakan tersusun secara sistematis dan sesuai dengan tujuan penelitian.



Desain Alat Tampak Depan

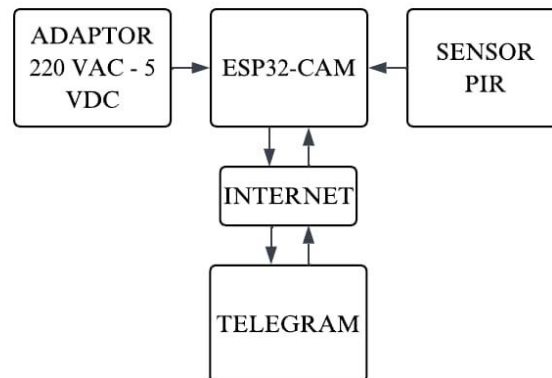


Desain Alat Tampak Dalam

Gambar 2. Desain Alat

Blok Diagram

Blok diagram digunakan untuk memberikan gambaran terkait struktur utama dari setiap komponen.



Gambar 3. Blok Diagram

1. Sumber Daya (Adaptor 220 VAC - 5 VDC)

Adaptor 220 VAC – 5 VDC berfungsi sebagai sumber daya utama yang menyuplai tegangan listrik ke seluruh sistem mesin penetas telur. Adaptor ini mengubah arus listrik dari jaringan PLN sebesar 220 Volt AC (Alternating Current) menjadi 5 Volt DC (Direct Current) yang sesuai dengan kebutuhan kerja modul ESP32-CAM dan komponen elektronik lainnya. Tegangan keluaran adaptor yang stabil sangat penting agar sistem dapat bekerja secara optimal tanpa mengalami gangguan akibat perubahan tegangan. Pada penelitian ini, adaptor menjadi sumber energi utama sehingga seluruh proses monitoring, pengambilan gambar, serta pengiriman notifikasi dapat berlangsung secara terus-menerus.

2. ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan pusat kendali (controller) sekaligus perangkat utama dalam sistem monitoring. Modul ini memiliki mikrokontroler ESP32 yang telah dilengkapi dengan kamera OV2640, serta mendukung koneksi Wi-Fi sehingga mampu mengirimkan data melalui internet. ESP32-CAM menerima masukan dari sensor PIR, kemudian memproses data tersebut untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan. Ketika sensor mendeteksi adanya pergerakan di dalam inkubator, ESP32-CAM akan mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar, kemudian mengirimkan gambar beserta notifikasi kepada pengguna melalui Telegram. Selain sebagai pengendali, ESP32-CAM



juga berfungsi sebagai perangkat monitoring visual yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi inkubator secara real-time tanpa harus membuka pintu inkubator.

3. Sensor PIR (Passive Infrared)

Sensor PIR merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan berdasarkan perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek. Pada penelitian ini, sensor PIR ditempatkan di dalam inkubator untuk mendeteksi aktivitas anak ayam ketika mulai menetas. Sensor ini tidak memancarkan sinyal, tetapi hanya menerima perubahan radiasi inframerah dari lingkungan. Ketika sensor mendeteksi adanya gerakan, sensor akan mengirimkan sinyal digital ke ESP32-CAM. Selanjutnya ESP32-CAM memproses sinyal tersebut sebagai pemicu untuk mengambil gambar dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram.

4. Internet

Internet berfungsi sebagai media komunikasi data antara ESP32-CAM dengan Telegram. Setelah ESP32-CAM memperoleh data dari sensor dan mengambil gambar, data tersebut dikirim melalui jaringan internet menuju server Telegram menggunakan koneksi Wi-Fi. Keberadaan internet memungkinkan proses monitoring dilakukan dari mana saja selama perangkat dan pengguna sama-sama terhubung ke jaringan internet. Dengan demikian, pengguna tidak perlu berada di lokasi inkubator untuk mengetahui kondisi penetasan.

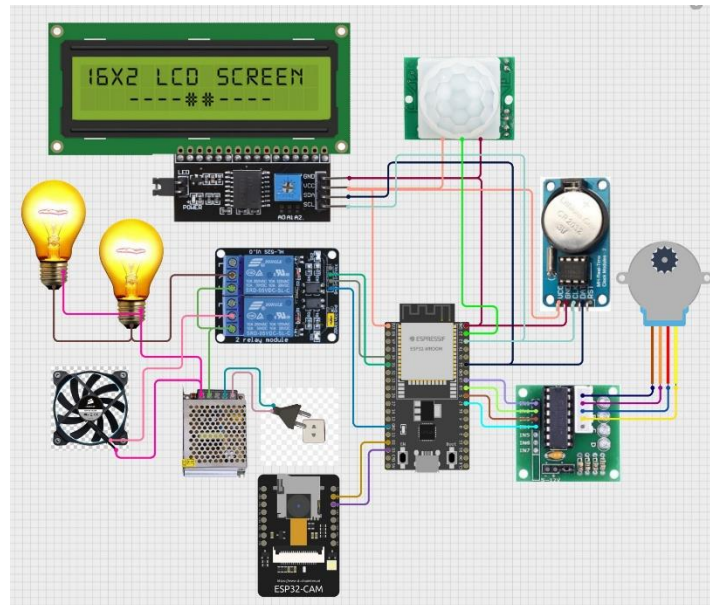
5. Telegram

Telegram berfungsi sebagai media notifikasi sekaligus antarmuka pengguna (user interface). Pada penelitian ini digunakan Telegram Bot untuk menerima pesan otomatis dari ESP32-CAM. Ketika sistem mendeteksi adanya pergerakan melalui sensor PIR, pengguna akan menerima notifikasi berupa pesan dan gambar kondisi inkubator secara langsung pada aplikasi Telegram. Telegram dipilih karena mudah digunakan, mendukung komunikasi berbasis Bot API, memiliki waktu respons yang cepat, serta dapat diakses melalui berbagai perangkat seperti smartphone maupun komputer.



Desain Sistem Kontrol

Desain Sistem Kontrol Desain sistem kontrol dibuat untuk merincikan lebih teknis dari sistem. Desain sistem kontrol merupakan tahap untuk menyusun logika dan koneksi yang lebih spesifik untuk memastikan komponen bekerja dan tersambung dengan sesuai.



Gambar 4. Desain Sistem Kontrol

Berdasarkan desain sistem kontrol yang ditunjukkan pada gambar, sistem penetas telur ini dirancang dengan ESP32 sebagai pusat pengendali utama yang mengintegrasikan proses monitoring dan controlling secara terpusat. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca parameter suhu dan kelembapan di dalam ruang inkubator secara real-time. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke ESP32 untuk diproses dan ditampilkan secara lokal melalui LCD 16×2 berbasis I2C, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan inkubator secara langsung tanpa harus membuka perangkat.

Dalam aspek pengendalian, ESP32 terhubung dengan modul relay dua kanal yang berfungsi mengontrol perangkat aktuator berupa lampu pijar sebagai elemen pemanas dan kipas DC sebagai sistem sirkulasi udara. Mekanisme controlling dilakukan berdasarkan nilai suhu dan kelembapan yang terdeteksi oleh sensor. Apabila suhu berada di bawah batas optimal, ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan lampu pemanas, sedangkan ketika suhu melebihi batas yang ditentukan, sistem akan mengaktifkan kipas untuk membantu menurunkan



suhu dan menjaga kestabilan lingkungan inkubator. Seluruh rangkaian disuplai oleh power supply switching yang memastikan pasokan daya tetap stabil selama sistem beroperasi.

Selain pemantauan berbasis sensor, sistem ini dilengkapi dengan ESP32-CAM yang berfungsi sebagai perangkat pemantauan visual kondisi internal inkubator. Data suhu, kelembapan, serta hasil pemantauan visual selanjutnya dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke sistem notifikasi berbasis Telegram. Melalui mekanisme ini, pengguna dapat menerima informasi dan peringatan secara real-time apabila terjadi penyimpangan parameter inkubasi. Dengan integrasi monitoring, controlling, dan notifikasi berbasis Internet of Things (IoT), sistem ini memungkinkan pengawasan jarak jauh yang lebih efisien, responsif, dan mampu meminimalkan ketergantungan pada pengawasan manual selama proses penetasan telur berlangsung.

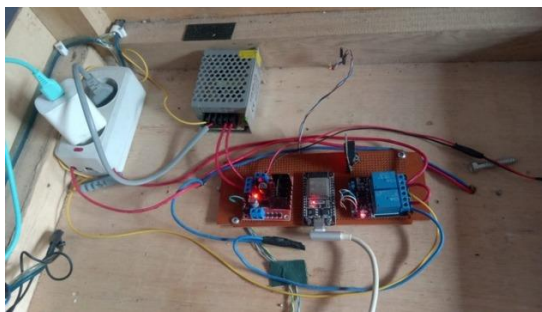
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Sistem

Sistem mesin penetas telur otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 telah direalisasikan sesuai dengan rancangan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu sistem pengendalian suhu dan kelembapan, sistem pemutar rak telur, serta sistem pemantauan kondisi pasca-menetas. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat pengendalian sistem dengan menerima data dari sensor DHT22 dan mengendalikan aktuator berupa lampu pemanas, kipas, dan motor pemutar rak. Sementara itu, sistem pemantauan pasca-menetas menggunakan sensor PIR sebagai pemicu deteksi gerakan dan ESP32-CAM sebagai perangkat pengambilan citra yang terhubung dengan Telegram Bot. Pada sistem pengendalian suhu, sensor DHT22 digunakan untuk membaca kondisi suhu dan kelembapan di dalam ruang inkubator secara berkala. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi aktuator berdasarkan nilai batas suhu yang telah ditentukan. Lampu pemanas digunakan untuk meningkatkan suhu ketika suhu berada di bawah nilai setpoint, sedangkan kipas digunakan untuk membantu menurunkan atau menstabilkan suhu ketika suhu melebihi batas yang ditentukan. Selain itu, motor pemutar rak digunakan untuk mengubah posisi rak telur berdasarkan interval waktu yang telah diprogram.



Pada sistem pemantauan pasca-menetas, sensor PIR digunakan sebagai perangkat pemicu ketika terdapat aktivitas gerakan yang terdeteksi di dalam ruang inkubator. Ketika sensor PIR memberikan sinyal aktif, ESP32-CAM digunakan untuk mengambil gambar kondisi di dalam inkubator. Hasil pengambilan gambar kemudian dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram Bot menggunakan jaringan internet. Dengan mekanisme tersebut, pengguna dapat memperoleh informasi mengenai adanya aktivitas gerakan dan melihat kondisi visual di dalam inkubator tanpa harus melakukan pemeriksaan secara langsung.



Tampak Atas Incubator



Tampak Depan Incubator



Tampak Dalam Incubator

Gambar 4. Realisasi Sistem

B. Hasil Pengujian Kontrol Incubator Otomatis

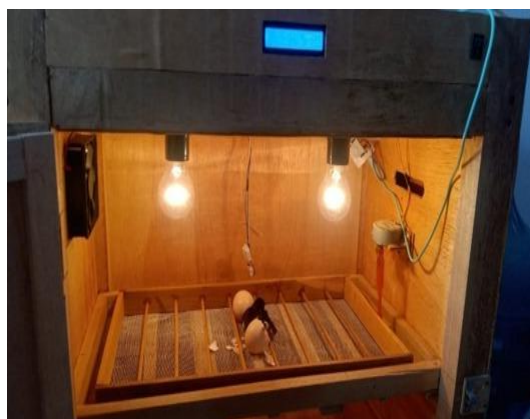
Pengujian subsistem kontrol inkubator ditujukan untuk memvalidasi performa algoritma program dalam menjaga kestabilan parameter suhu dan kelembaban secara otomatis, serta presisi periodisitas perputaran motor AC.

Guna meninjau stabilitas sistem secara berkala dan dinamis, pengambilan sampel data dilakukan sebanyak 4 kali dalam sehari dengan interval 4 jam selama 5 hari berturut-turut (total 20 sampel data pengamatan).



Tabel 1. Pengujian Kontrol Inkubator Otomatis

No.	Hari Pengujian	Waktu Pengujian	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Status Lampu	Status Kipas	Status Motor
1.	Hari Ke-1	08:00	36.2	63.0	ON	OFF	OFF
2.	Hari Ke-1	12:00	37.8	60.1	OFF	ON	ON
3.	Hari Ke-1	16:00	37.3	61.5	ON	OFF	OFF
4.	Hari Ke-1	20:00	36.9	62.2	ON	OFF	ON
5.	Hari Ke-2	08:00	36.5	62.8	ON	OFF	OFF
6.	Hari Ke-2	12:00	37.6	60.0	OFF	ON	ON
7.	Hari Ke-2	16:00	37.2	61.8	ON	OFF	OFF
8.	Hari Ke-2	20:00	37.0	62.0	ON	OFF	ON
9.	Hari Ke-3	08:00	36.3	63.2	ON	OFF	OFF
10.	Hari Ke-3	12:00	37.7	59.8	OFF	ON	ON
11.	Hari Ke-3	16:00	37.4	60.2	ON	OFF	OFF
12.	Hari Ke-3	20:00	37.1	61.9	ON	OFF	ON
13.	Hari Ke-4	08:00	36.4	62.5	ON	OFF	OFF



Gambar 5. Pengujian Kontrol Incubator Otomatis

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem kontrol inkubator otomatis dapat menjalankan fungsi pengendalian suhu dan kelembapan sesuai dengan kondisi yang terdeteksi oleh sensor DHT22. Ketika suhu berada di bawah batas yang telah ditentukan, lampu pemanas berada



dalam kondisi menyala untuk meningkatkan suhu ruang inkubator. Sebaliknya, ketika suhu mencapai atau melebihi batas yang ditentukan, sistem mengaktifkan kipas untuk membantu menurunkan dan menstabilkan suhu di dalam ruang inkubator. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dirancang mampu memberikan respons terhadap perubahan suhu di dalam inkubator secara otomatis.

C. Hasil Pengujian Monitoring Pasca-Menetas (Telegram Bot)

Pengujian sistem monitoring pasca-menetas dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi aktivitas gerakan, mengambil citra menggunakan ESP32-CAM, dan mengirimkan hasil pemantauan kepada pengguna melalui Telegram Bot. Sensor PIR digunakan sebagai pemicu ketika terdapat aktivitas gerakan yang terdeteksi, sedangkan ESP32-CAM digunakan untuk mengambil citra kondisi di dalam inkubator.

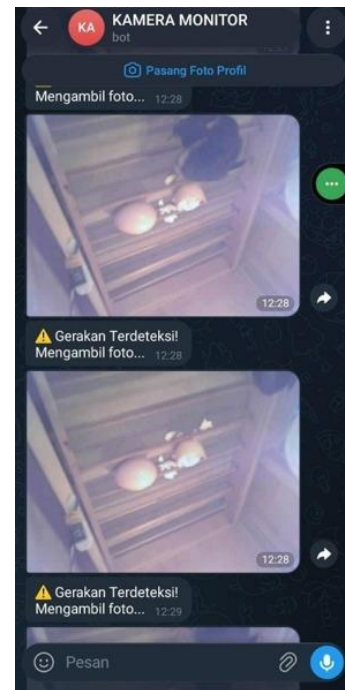
Pada penelitian ini, sensor PIR berfungsi sebagai sensor pendeteksi gerakan dan bukan sebagai perangkat untuk mengidentifikasi jenis objek secara spesifik. Oleh karena itu, hasil pengujian digunakan untuk mengetahui keberhasilan deteksi aktivitas gerakan dan proses pengiriman visual melalui Telegram Bot. Kemampuan sistem dalam memastikan bahwa objek yang terdeteksi merupakan anak ayam secara spesifik belum menjadi bagian dari fungsi klasifikasi pada sistem yang dikembangkan.

Tabel 2 Pengujian Monitoring Pasca-Menetas

No.	Waktu Pengujian	Kondisi Fisik Incubator	Input Sensor PIR	Status ESP32-CAM	Transmisi Data ke Telegram
1.	Hari ke-1 s/d 4 Berkala	Telur belum menetas / Statis	LOW	Capture Image	Terkirim (Foto + Teks)
2.	Hari ke-5 12:00	Anak ayam menetas & bergerak	HIGH	Capture Image	Terkirim (Foto + Teks)
3.	Hari ke-5 12:15	Anak ayam kembali diam / Tidur	LOW	Capture Image	Terkirim (Foto + Teks)



4.	Hari ke-5 13:00	Gangguan mekanis (Ketukan luar)	LOW	Capture Image	Ter kirim (Foto + Teks)
----	--------------------	------------------------------------	-----	---------------	-------------------------



Gambar 6. Pengujian Monitoring Pasca-Menetas (Telegram Bot)

D. Analisis Integrasi Sensor PIR Dan Modul Kamera

Implementasi subsistem monitoring visual berbasis Internet of Things (IoT) pada mesin penetas telur mengintegrasikan sensor Passive Infrared (PIR) sebagai sensor pendeteksi aktivitas gerakan dengan modul ESP32-CAM sebagai perangkat akuisisi citra. Integrasi kedua perangkat tersebut menerapkan mekanisme event-driven, yaitu proses pengambilan gambar dan pengiriman notifikasi hanya dilakukan ketika sensor PIR mendeteksi adanya aktivitas gerakan yang menyebabkan perubahan radiasi inframerah di dalam ruang inkubator. Mekanisme kerja interupsi sistem ini dapat dianalisis ke dalam tiga fase kondisi operasional utama :

a. Fase Statis (Hari ke-1 s/d Hari ke-4)

Pada hari pertama hingga hari keempat, kondisi fisik inkubator menunjukkan bahwa telur belum menetas sehingga tidak terdapat aktivitas gerakan di dalam inkubator.



Pada kondisi tersebut, sensor PIR menghasilkan keluaran digital berlogika LOW. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengujian, ESP32-CAM tetap berhasil mengambil gambar kondisi di dalam inkubator dan mengirimkannya kepada pengguna melalui Telegram Bot dalam bentuk foto beserta informasi teks.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring tetap mampu melakukan proses pengambilan dan pengiriman informasi visual meskipun sensor PIR berada pada kondisi LOW. Informasi visual yang dikirimkan memungkinkan pengguna memantau kondisi inkubator dari jarak jauh selama proses inkubasi berlangsung.

b. Fase Interupsi Menetas (Hari ke-5 pukul 12:00 WIB)

Pada hari kelima pukul 12.00 WIB, ketika terdapat aktivitas gerakan di dalam inkubator, keluaran sensor PIR berubah menjadi logika HIGH akibat adanya perubahan radiasi inframerah yang terdeteksi oleh sensor. Pada kondisi ini ESP32-CAM berhasil mengambil gambar kondisi di dalam inkubator dan mengirimkan hasil pengambilan citra tersebut kepada pengguna melalui Telegram Bot.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PIR mampu memberikan indikasi adanya aktivitas gerakan, sedangkan ESP32-CAM berfungsi sebagai perangkat akuisisi citra yang mendokumentasikan kondisi di dalam inkubator. Gambar yang diterima pengguna dapat digunakan sebagai informasi visual untuk mengetahui kondisi yang terjadi pada saat aktivitas gerakan terdeteksi.

c. Fase Pemulihan Dasar dan Validasi Sensor (Hari ke-5 pukul 12:15 & 13:00 WIB)

Pada hari kelima pukul 12.15 WIB, ketika aktivitas gerakan telah berhenti, keluaran sensor PIR kembali berada pada kondisi LOW. Berdasarkan hasil pengujian, ESP32-CAM tetap melakukan pengambilan gambar dan mengirimkannya melalui Telegram Bot sehingga pengguna tetap memperoleh informasi visual mengenai kondisi di dalam inkubator.

Pengujian juga dilakukan dengan memberikan gangguan mekanis berupa ketukan pada bagian luar inkubator pada pukul 13.00 WIB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PIR tetap menghasilkan logika LOW, sedangkan ESP32-CAM tetap mengambil gambar dan mengirimkan informasi kepada pengguna melalui Telegram Bot. Hal ini menunjukkan bahwa pada skenario pengujian yang dilakukan, gangguan mekanis tersebut



tidak menyebabkan perubahan keluaran sensor PIR.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, integrasi sensor PIR, ESP32-CAM, dan Telegram Bot telah mampu menjalankan fungsi monitoring sesuai dengan rancangan sistem. Sensor PIR digunakan untuk memberikan informasi mengenai kondisi deteksi aktivitas gerakan melalui perubahan radiasi inframerah, sedangkan ESP32-CAM berfungsi mengambil citra kondisi di dalam inkubator dan mengirimkannya kepada pengguna melalui Telegram Bot. Namun demikian, sistem yang dikembangkan belum memiliki kemampuan untuk membedakan jenis objek yang menyebabkan perubahan keluaran sensor PIR. Sensor PIR hanya mendeteksi adanya aktivitas gerakan berdasarkan perubahan radiasi inframerah, sedangkan ESP32-CAM hanya menghasilkan citra tanpa melakukan proses identifikasi objek secara otomatis. Oleh karena itu, sistem belum dapat memastikan bahwa aktivitas yang terdeteksi berasal dari anak ayam, sehingga identifikasi objek masih memerlukan pengamatan visual oleh pengguna terhadap gambar yang diterima melalui Telegram Bot.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem inkubator penetas telur berbasis Internet of Things (IoT) selama lima hari berturut-turut, dapat disimpulkan bahwa mesin penetas telur berbasis ESP32 berhasil direalisasikan dan mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22 serta mengendalikan lampu pemanas, kipas, dan motor pemutar rak telur secara otomatis sesuai logika pengendalian yang telah diprogram, sehingga kondisi inkubator dapat dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk. Selain itu, subsistem monitoring visual yang terdiri atas sensor PIR, ESP32-CAM, dan Telegram Bot juga berhasil diimplementasikan untuk mendukung pemantauan kondisi di dalam inkubator. ESP32-CAM mampu mengambil gambar kondisi inkubator dan mengirimkan gambar beserta informasi kepada pengguna melalui Telegram Bot, sedangkan sensor PIR berfungsi mendeteksi adanya aktivitas berdasarkan perubahan radiasi inframerah. Namun demikian, sensor PIR masih memiliki keterbatasan karena belum mampu membedakan jenis objek yang terdeteksi secara otomatis. Penggunaan Telegram Bot sebagai media transmisi citra juga menunjukkan kinerja yang baik, dengan keberhasilan pengiriman gambar dan informasi kepada pengguna dalam waktu respons sekitar 2–3 detik, meskipun dipengaruhi oleh kestabilan koneksi Wi-Fi, kualitas jaringan internet,



dan komunikasi dengan server Telegram. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu mendukung proses monitoring jarak jauh secara efektif sehingga pengguna dapat memperoleh informasi visual mengenai kondisi inkubator dengan lebih cepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Fajar Bagus Wahyudin, M., Dewi Manikta Puspitasari, M., Maulidina, M., Nusantara PGRI Kediri, U., Author, C., & Fajar Bagus Wahyudin Abstrak, M. (2026). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Otomatisasi Pengisian Bak Air pada Alat Penetas Telur Ayam Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi BLYNK. *JNOF(Jurnal Nusantara Of Engineering)*, 9(1), 21–30. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe>
- Samsul, S., Yudi Mulyanto, Juniardi Akhir Putra, & Fahri Hamdani. (2025). Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Esp32. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 6(2), 212–222. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v6i2.267>
- Wahyu Yani Fatkhur Rohman, Mochammad Arif Irfa'i, Basuki. (2022). Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Dengan Perata Suhu Kipas Casing CPU. *Jurnal MOTION (Manufaktur, Otomasi, Otomotif, Dan Energi Terbarukan)*, 1(1), 24–29. <https://doi.org/10.33752/motion.v1i1.3474>