

SISTEM INKUBATOR PENETASAN TELUR CERDAS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN FLUTTER *MUTIPLATFORM*

Subandi¹, Muhammad Hidayat²

¹ Program Studi Sistem Informasi Kota Cerdas, Politeknik Negeri Banjarmasin

² Program Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Hasnur

¹subandi@poliban.ac.id, ²hidayatsyahid117@gmail.com

Abstrak

Sebagian besar peternak ayam masih menggunakan metode manual dalam proses penetasan telur, seperti pengaturan suhu dan pembalikan telur secara langsung, yang berpotensi menyebabkan ketidakstabilan kondisi inkubasi. Hal ini berdampak pada rendahnya tingkat keberhasilan penetasan. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem otomatisasi penetasan telur berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau dan mengontrol suhu, kelembapan, serta intensitas cahaya secara real-time. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung melalui jaringan Wi-Fi. Metode pengembangan yang digunakan adalah Agile dengan tahapan perencanaan, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Hasil artikel ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam menjaga kestabilan kondisi inkubator dan mempermudah pemantauan jarak jauh melalui aplikasi berbasis web. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur pembalik telur otomatis dan notifikasi melalui WhatsApp yang meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Tingkat keberhasilan penetasan yang diperoleh sebesar 64%, yang menunjukkan bahwa sistem cukup efektif, meskipun masih dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kualitas telur dan proses distribusi. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi yang praktis, efisien, dan terjangkau bagi peternak skala kecil hingga menengah dalam meningkatkan produktivitas penetasan telur.

Kata kunci: DHT22, ESP32, *internet of things*, inkubator telur, monitoring *real-time*

1. Pendahuluan

Saat ini, sebagian besar peternak ayam masih mengandalkan metode konvensional dalam proses penetasan telur. Proses tersebut umumnya dilakukan secara manual, seperti menghidupkan dan mematikan lampu pemanas serta memutar telur menggunakan tangan. Metode manual ini sering menyebabkan ketidakstabilan kondisi lingkungan pada ruang inkubator, terutama pada aspek suhu, kelembapan, dan pencahayaan yang sangat berpengaruh terhadap tingkat keberhasilan penetasan telur (Wendanto et al., 2021). Ketidakstabilan kondisi tersebut tidak hanya menurunkan jumlah telur yang berhasil menetas, tetapi juga dapat memperpanjang waktu penetasan sehingga berdampak pada menurunnya efisiensi produksi dalam kegiatan peternakan unggas.

Pengendalian suhu dan kelembapan merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan proses penetasan telur ayam (Karsid, 2024). Kondisi lingkungan inkubator yang tidak terkontrol dapat menghambat perkembangan embrio dan mengurangi tingkat keberhasilan penetasan telur (Ariani et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu menjaga kestabilan parameter

lingkungan secara otomatis dan akurat agar proses penetasan dapat berlangsung secara optimal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan *Internet of Things* (Hidayat & Rahimah, 2024) memberikan peluang untuk mengembangkan sistem inkubator penetasan telur yang lebih cerdas dan efisien. Teknologi IoT memungkinkan proses pemantauan dan pengendalian kondisi inkubator (Musa Adame et al., 2023), seperti suhu, kelembapan, dan pencahayaan, dilakukan secara otomatis dan terintegrasi melalui jaringan internet. Dengan adanya sistem monitoring berbasis aplikasi, peternak dapat memantau kondisi inkubator secara *real-time* tanpa harus melakukan pengecekan langsung di lokasi penetasan.

Dalam artikel ini, sistem monitoring dan pengendalian inkubator dikembangkan menggunakan *framework* Flutter *multiplatform* yang memungkinkan aplikasi dapat berjalan pada berbagai perangkat, seperti smartphone dan web, dengan satu basis kode yang sama (Faiz et al., 2022). Penggunaan Flutter *multiplatform* diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas akses sistem, sehingga pengguna dapat memantau kondisi inkubator dengan lebih mudah dan

efisien melalui berbagai *platform* perangkat. Berdasarkan permasalahan tersebut, artikel ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem inkubator penetasan telur cerdas berbasis *Internet of Things* yang mampu memantau dan mengontrol suhu, kelembaban (Ferdiansyah et al., 2025), serta pencahayaan secara *real-time* melalui aplikasi berbasis Flutter *multiplatform*. Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses penetasan serta meningkatkan tingkat keberhasilan telur yang menetas, sehingga dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi pada sektor peternakan unggas di Indonesia.

Beberapa artikel terbaru telah mengembangkan sistem inkubator telur berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi lingkungan inkubator seperti suhu dan kelembaban secara *real-time*. Misalnya, artikel oleh Nazir 2023 mengembangkan sistem *smart egg incubator* berbasis IoT yang mampu menampilkan kondisi suhu dan kelembaban melalui perangkat *mobile* untuk meningkatkan efisiensi proses penetasan telur. Namun artikel tersebut masih berfokus pada sistem monitoring sederhana tanpa integrasi antarmuka aplikasi yang fleksibel pada berbagai platform perangkat (Nazir et al., 2023).

Artikel lain oleh Simangunsong dkk. (2025) mengembangkan alat penetas telur otomatis dengan pengendalian suhu dan kelembaban menggunakan metode *fuzzy logic* serta monitoring berbasis IoT. Sistem ini mampu menjaga kestabilan kondisi inkubator secara lebih presisi melalui pengendalian cerdas berbasis sensor. Meskipun demikian, sistem aplikasi yang digunakan masih terbatas pada platform monitoring tertentu dan belum memanfaatkan teknologi aplikasi *multiplatform* untuk meningkatkan fleksibilitas akses pengguna (Wendy et al., 2025).

Selain itu, artikel oleh Herawan mengembangkan sistem monitoring inkubator telur berbasis IoT menggunakan modul ESP32 yang terhubung dengan *platform cloud* untuk pemantauan jarak jauh (Devin et al., 2025). Hasil artikel menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kondisi lingkungan inkubator secara *real-time* sehingga membantu menjaga stabilitas suhu dan kelembaban selama proses penetasan. Namun artikel tersebut masih berfokus pada aspek monitoring dan belum mengintegrasikan aplikasi *multiplatform* yang dapat digunakan secara fleksibel pada berbagai perangkat pengguna.

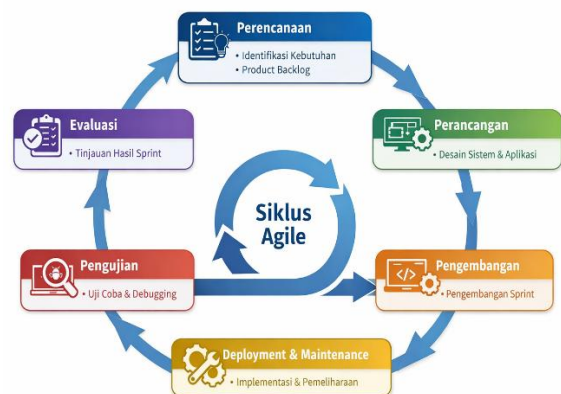
Oleh karena itu, kebaruan artikel ini terletak pada pengembangan sistem inkubator penetasan telur cerdas berbasis IoT yang terintegrasi dengan aplikasi Flutter *multiplatform*. Sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan monitoring suhu, kelembaban, dan pencahayaan secara *real-time*, tetapi juga menyediakan antarmuka aplikasi yang dapat dijalankan pada berbagai platform perangkat seperti *smartphone* dan web menggunakan satu basis kode yang sama. Integrasi ini diharapkan dapat

meningkatkan fleksibilitas akses sistem, memudahkan peternak dalam melakukan pemantauan jarak jauh, serta meningkatkan efisiensi proses penetasan telur melalui sistem inkubator yang lebih cerdas dan terintegrasi.

Seiring berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), peluang untuk mengotomatisasi dan memantau sistem inkubator secara *real-time* semakin terbuka. Namun, sebagian besar artikel sebelumnya masih berfokus pada aspek monitoring berbasis perangkat tertentu atau platform tunggal, sehingga fleksibilitas akses pengguna masih terbatas. Oleh karena itu, artikel ini termotivasi untuk menghadirkan solusi yang tidak hanya mampu melakukan monitoring dan kontrol otomatis, tetapi juga menyediakan antarmuka yang fleksibel dan mudah diakses melalui berbagai perangkat. Dengan demikian, artikel ini tidak hanya melanjutkan pengembangan sistem inkubator berbasis IoT yang telah ada, tetapi juga menghadirkan inovasi pada aspek integrasi aplikasi *multiplatform* dengan *mobile* dan otomatisasi sistem secara menyeluruh, sehingga memberikan solusi yang lebih efisien, fleksibel, dan aplikatif bagi peternak unggas.

2. Metode

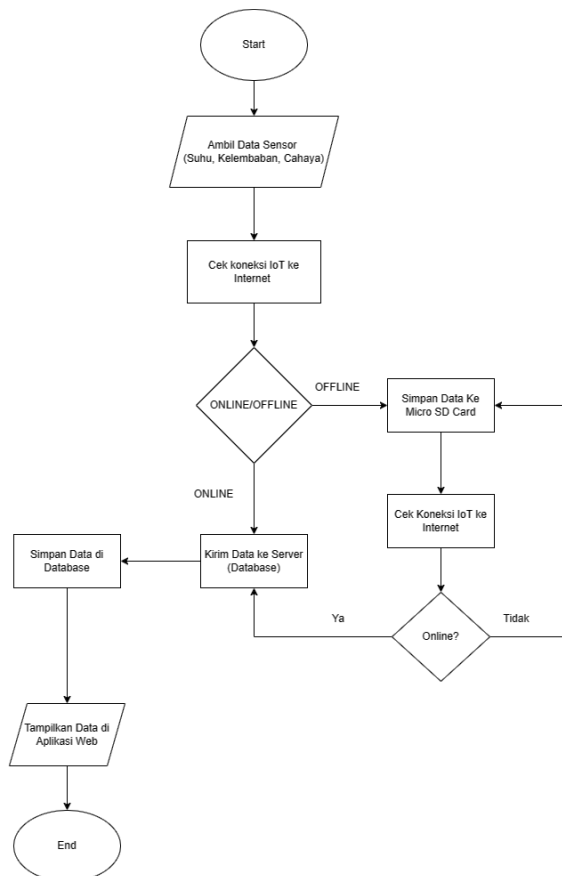
Metode artikel yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah Agile Software Development. Agile merupakan pendekatan dalam manajemen proyek yang menekankan proses pengembangan secara iteratif dan inkremental, dengan tujuan menghasilkan produk yang dapat beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan secara cepat (Fotariya & Mandge, 2022). Agile memungkinkan pengembangan sistem dilakukan dalam siklus pendek (*sprint*), sehingga setiap tahapan dapat dievaluasi dan diperbaiki secara berkelanjutan (Indriani et al., 2024). Dalam artikel ini, metode Agile dipilih karena sesuai dengan karakteristik pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang membutuhkan proses iterasi cepat, pengujian berulang (AY, 2024), serta penyesuaian terhadap kondisi perangkat keras dan perangkat lunak secara dinamis yang di tunjukan pada Gambar 1.



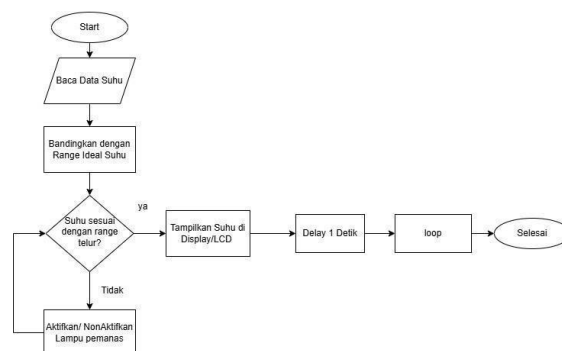
Gambar 1. Metode Siklus Agile

2.1 Perencanaan (Planning).

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem, baik kebutuhan perangkat keras sensor suhu, kelembaban, dan cahaya maupun perangkat lunak digunakan yakni aplikasi Flutter *multiplatform*. Flutter merupakan *framework* pengembangan aplikasi cross-platform yang memungkinkan pembuatan aplikasi pada berbagai platform menggunakan satu basis kode (*single codebase*), sehingga meningkatkan efisiensi pengembangan dan konsistensi antarmuka pengguna (Kinari et al., 2024). Selain itu, dilakukan penyusunan *product backlog* yang berisi daftar fitur yang akan dikembangkan pada sistem inkubator penetasan telur cerdas. Perencanaan sistem *web* dijelaskan pada Gambar 2 dan Gambar 3 menjelaskan perencanaan sensor suhu .



Gambar 2. Flowchart Sistem Website



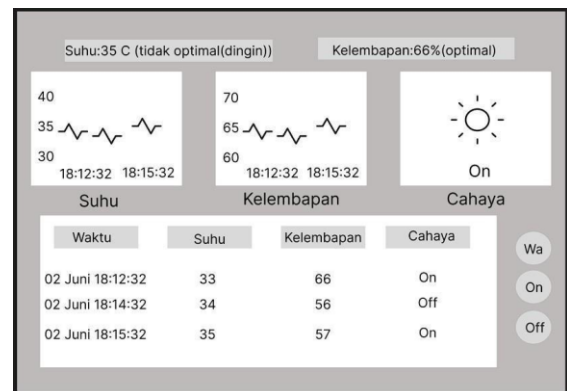
Gambar 3. Flowchart Sensor Suhu

2.2 Perancangan (Design)

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang meliputi:

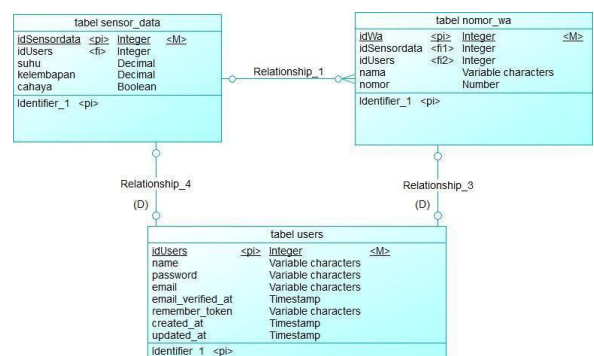
- Desain sistem IoT (mikrokontroler, sensor, aktuator)
- Desain database dan komunikasi data menggunakan MySQL.
- Desain antarmuka aplikasi berbasis Flutter *multiplatform*

Perancangan dilakukan secara sederhana dan fleksibel agar dapat disesuaikan pada iterasi berikutnya yang dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Monitoring Suhu, Kelembaban, Cahaya

MySQL merupakan *Database Management System (DBMS)* berbasis *open-source* yang berperan dalam pengelolaan dan pengolahan data secara terstruktur (Wahyudi et al., 2022). Pada artikel ini, MySQL digunakan sebagai media penyimpanan data pada sistem IoT inkubator telur berbasis ESP32, yang berfungsi untuk merekam dan mengelola data hasil pembacaan sensor seperti suhu dan kelembaban secara *real-time* yang di tunjukan pada Gambar 5. Data yang tersimpan selanjutnya dapat digunakan untuk proses monitoring, analisis, serta evaluasi kinerja sistem inkubator secara berkelanjutan.



Gambar 5. Rancangan Database Sistem

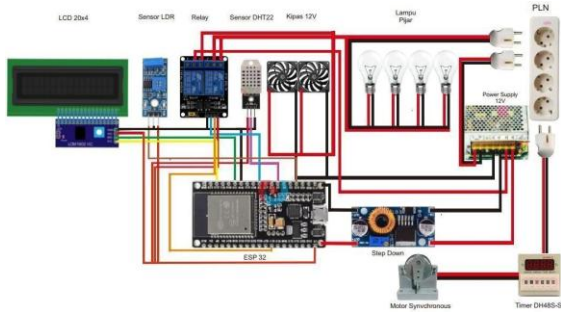
2.3 Pengembangan (Development).

Tahap pengembangan dilakukan secara bertahap dalam bentuk sprint. Setiap sprint menghasilkan bagian sistem yang dapat langsung diuji, seperti:

- Integrasi sensor suhu, kelembaban, dan cahaya
- Pengembangan sistem monitoring berbasis IoT

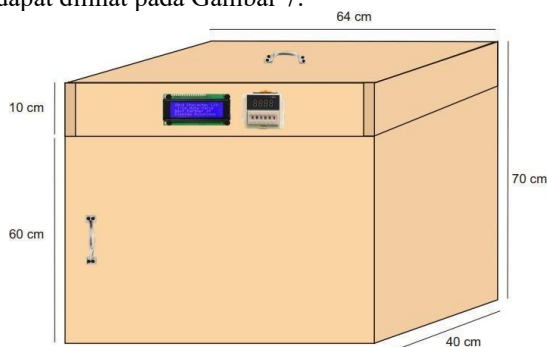
c. Pengembangan aplikasi Flutter *multiplatform*

Pendekatan ini memungkinkan sistem berkembang secara bertahap sesuai prioritas kebutuhan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Komponen pada Sistem IoT

Desain mekanik alat penetas telur berukuran 64 cm × 60 cm × 40 cm (panjang × tinggi × lebar). Struktur utama terbuat dari papan kayu yang memiliki insulasi cukup baik untuk menjaga kestabilan suhu di dalam alat. Pintu depan berukuran 60 cm × 64 cm dilengkapi dengan engsel dan pegangan untuk memudahkan akses serta pengamatan telur. Terdapat dua ventilasi berukuran 10 cm × 2,5 cm di bagian atas dan bawah untuk sirkulasi udara. Rak geser otomatis berukuran 50 cm × 32 cm memastikan distribusi suhu dan kelembapan merata. Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Inkubator Penetas Telur

2.4 Pengujian (*Testing*).

Setiap modul yang telah dikembangkan diuji secara langsung untuk memastikan fungsionalitas sistem berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan pada:

- a. Akurasi pembacaan sensor
- b. Kinerja sistem kontrol
- c. Tampilan dan fungsi aplikasi

Dalam Agile, proses pengujian dilakukan secara berulang pada setiap iterasi untuk meminimalkan kesalahan sistem sejak awal (Teffo et al., 2023). pada artikel ini juga diterapkan pengujian *blackbox* testing untuk menguji fungsionalitas sistem dari sisi pengguna tanpa memperhatikan struktur internal kode program. *Blackbox* testing berfokus pada pengujian apakah setiap fitur dalam sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan (Sutiah & Supriyono, 2021).

2.5 Evaluasi (*Evaluation*).

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap hasil pengembangan pada setiap sprint. Evaluasi bertujuan untuk:

- a. Mengidentifikasi kekurangan sistem
- b. Menyesuaikan kebutuhan pengguna
- c. Menentukan perbaikan pada sprint berikutnya

Tahapan ini merupakan bagian penting dari Agile karena mendukung peningkatan kualitas sistem secara berkelanjutan.

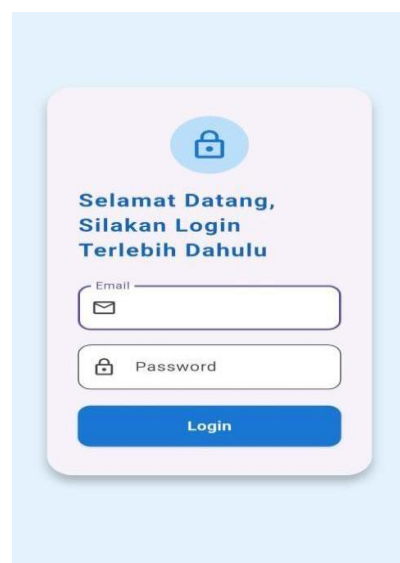
2.6 *Deployment dan Maintenance*.

Tahap akhir adalah implementasi sistem inkubator serta pemeliharaan sistem. Sistem yang telah dikembangkan dapat digunakan oleh pengguna, sementara proses perbaikan dan pengembangan lanjutan tetap dapat dilakukan sesuai kebutuhan.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melalui tahapan perancangan sistem yang meliputi pembuatan diagram alur data, perancangan basis data, pengembangan kode program, serta desain antarmuka pengguna, maka sistem Inkubator Penetasan Telur Cerdas Berbasis IoT Menggunakan Flutter *Multiplatform* telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan terhadap parameter lingkungan inkubator, yaitu suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara *real-time* sesuai dengan kebutuhan optimal dalam proses penetasan telur.

Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara berkala ke server melalui jaringan internet, kemudian ditampilkan pada aplikasi berbasis Flutter *multiplatform* yang dapat diakses melalui perangkat mobile yang ditampilkan pada Gambar 8 maupun web yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Akses *Login* Sistem IoT Menggunakan Aplikasi *Mobile*

Selain fungsi monitoring, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur kontrol yang memungkinkan pengguna untuk mengatur kondisi inkubator secara jarak jauh, sehingga proses penetasan dapat berjalan lebih stabil dan terkontrol.



Gambar 9. Halaman Utama pada Web Browser

Setelah kode implementasi kode program dijalankan dan menampilkan sistem yang akan digunakan, maka sebelum itu akan dilakukan pengujian *Black Box* testing terlebih dahulu. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan berbagai skenario input pada sistem, kemudian mengamati output yang dihasilkan yang di uraikan pada Tabel 1.

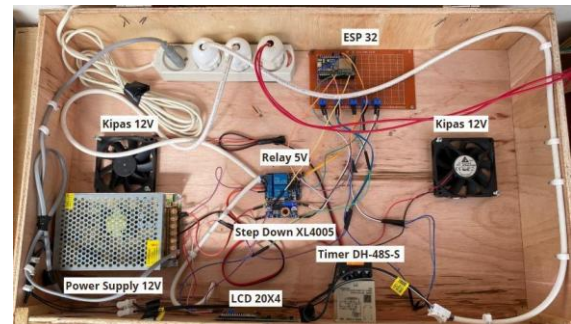
Tabel 1. Pengujian Black Box Testing *Software* dan Sensor IoT

Skenario Pengujian	Input	Output	Status
Menampilkan data suhu	Data suhu dari sensor dikirim ke aplikasi	Nilai suhu tampil secara <i>real-time</i> pada <i>dashboard</i>	Berhasil
Menampilkan data kelembaban	Data kelembaban dari sensor	Nilai kelembaban tampil dengan benar	Berhasil
Menampilkan data cahaya	Data intensitas cahaya	Nilai cahaya tampil pada aplikasi	Berhasil
<i>Refresh</i> data otomatis	Sistem menerima data baru dari IoT	Data pada aplikasi <i>ter-update</i> otomatis	Berhasil
Kontrol lampu ON/OFF	Tombol ON / OFF ditekan pada aplikasi	Lampu inkubator menyala dan mati	Berhasil
Notifikasi suhu tidak normal	Suhu di luar batas normal	Sistem menampilkan notifikasi/peringatan	Berhasil
Login pengguna	Username & password valid	Pengguna berhasil masuk ke sistem	Berhasil
Login gagal	Username/ password salah	Sistem menolak akses dan menampilkan pesan error	Berhasil

Skenario Pengujian	Input	Output	Status
Tampilan dashboard	Aplikasi dibuka	Dashboard tampil lengkap (grafik & data)	Berhasil
Akses <i>multiplatform</i>	Dibuka di <i>mobile/web</i>	Aplikasi berjalan normal di semua platform Sistem	Berhasil
Koneksi terputus	Internet dimatikan	menampilkan status <i>disconnected</i>	Berhasil

3.1 Rangkaian Alat Komponen IoT.

Rangkaian sistem IoT yang dirancang pada artikel ini digunakan untuk mendukung kinerja inkubator telur otomatis berbasis ESP32 (Arif et al., 2026). Sistem ini berfungsi untuk mengatur suhu, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, serta jadwal pembalikan telur secara otomatis dan terkontrol (Askan et al., 2022). Seluruh komponen elektronik yang digunakan saling terintegrasi untuk menciptakan kondisi inkubator yang stabil, efisien, dan meminimalkan intervensi manusia selama proses penetasan, rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Alat Komponen IoT

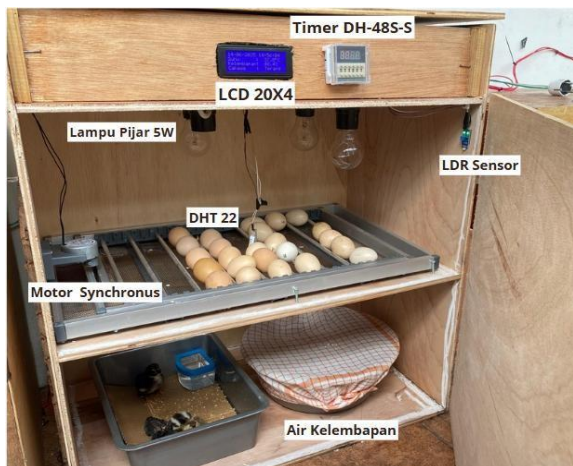
Adapun komponen utama yang digunakan dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

- Power Supply 12V berfungsi sebagai sumber daya utama yang mengubah tegangan listrik dari PLN (220V AC) menjadi 12V DC untuk mensuplai seluruh komponen sistem.
- ESP32 berperan sebagai pengendali utama (mikrokontroler) yang membaca data dari sensor suhu dan kelembaban, kemudian memproses data tersebut untuk mengontrol aktuator seperti kipas, pemanas, serta mengirimkan data ke sistem monitoring.
- Kipas 12V digunakan untuk menjaga sirkulasi udara di dalam inkubator agar suhu dan kelembaban dapat tersebar secara merata.
- Relay 5V berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk mengatur

- perangkat seperti pemanas atau lampu secara otomatis sesuai kondisi yang terdeteksi.
- Modul Step Down XL4005 digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V agar sesuai dengan kebutuhan daya pada ESP32 dan LCD.
 - LCD 20x4 digunakan sebagai media tampilan untuk menampilkan informasi seperti suhu, kelembaban, waktu, dan status sistem secara langsung.
 - Timer DH-48S-S digunakan untuk mengatur waktu operasional tertentu, seperti mekanisme pembalikan telur secara otomatis dalam interval waktu tertentu.

3.2 Rangkaian Inkubator Penetas Telur.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa rangkaian inkubator penetas telur yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik dalam mendukung proses penetasan secara otomatis dan terkontrol. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler, sensor, dan aktuator untuk menjaga kondisi lingkungan inkubator, meliputi suhu, kelembaban, pencahayaan, serta mekanisme pembalikan telur agar tetap berada pada kondisi optimal selama masa inkubasi. Selain itu, sistem dilengkapi dengan tampilan LCD untuk memudahkan pemantauan secara langsung serta mendukung pengaturan otomatis berdasarkan waktu dan kondisi lingkungan di dalam inkubator. Hal ini dapat dilihat ada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Inkubator Penetas Telur

Adapun komponen utama pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- Timer DH-48S-S digunakan untuk mengatur siklus waktu, khususnya dalam mengontrol proses pembalikan telur secara otomatis pada interval tertentu.
- LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan informasi parameter sistem seperti suhu, kelembaban, waktu, dan status pencahayaan.
- Lampu pijar digunakan sebagai sumber pemanas untuk menjaga suhu inkubator tetap berada pada kisaran optimal proses penetasan.

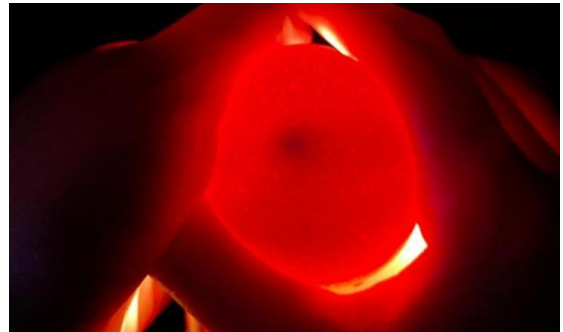
- Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban secara simultan dengan tingkat akurasi yang baik dan kestabilan pembacaan data (Setiawan et al., 2024). Pada artikel ini sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam inkubator secara akurat.
- Synchronous motor digunakan untuk menggerakkan rak telur secara perlahan guna melakukan pembalikan telur secara otomatis sesuai waktu yang telah ditentukan.
- Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya di dalam inkubator, sehingga dapat memantau kondisi nyala lampu pemanas.
- Wadah air kelembaban berfungsi untuk menjaga tingkat kelembaban udara di dalam inkubator agar tetap stabil, sehingga mendukung perkembangan embrio secara optimal.

3.3 Hasil Proses Penetasan Telur.

Pada tahap ini disajikan hasil proses penetasan telur yang dilakukan menggunakan inkubator berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses penetasan meliputi penempatan telur ke dalam inkubator, pengaturan dan pengendalian suhu serta kelembaban, pemantauan perkembangan embrio melalui metode candling, hingga tahap akhir penetasan. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, proses penetasan diuraikan secara bertahap berdasarkan perkembangan harian embrio selama periode inkubasi ± 21 hari.

Hari Ke-1 s.d 3, Telur yang telah diberi penanda dimasukkan ke dalam rak inkubator dengan posisi bagian tumpul (ujung besar) berada di atas dan bagian runcing di bawah, serta kemiringan sekitar 45° . Penyusunan telur dilakukan secara seragam untuk memudahkan proses pembalikan. Penandaan, misalnya "A" dan "B", digunakan untuk memastikan konsistensi arah pembalikan selama masa inkubasi.

Hari Ke-4, Pada hari keempat, hasil pengamatan melalui metode candling menunjukkan mulai terbentuknya embrio yang ditandai dengan munculnya bintik gelap di dalam telur sebagai pusat perkembangan. Seiring waktu, struktur embrio akan tampak semakin jelas yang ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Candling Hari Ke-4

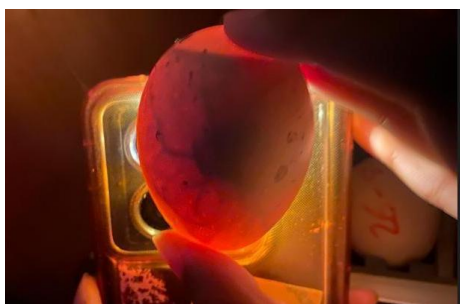
Hari ke-5 s.d 7, Pembalikan telur dilakukan tiga kali sehari menggunakan rak geser otomatis

dengan interval delapan jam sekali, serta dilakukan pendinginan telur pada pagi hari.



Gambar 13. Candling Hari Ke-7

Gambar 13 menunjukkan proses candling telur, yaitu peneropongan telur ayam dengan bantuan cahaya untuk mengamati perkembangan embrio di dalamnya. Proses ini dilakukan pada hari ke-7. Bayangan gelap di bagian tengah telur menandakan keberadaan embrio, sedangkan garis-garis tipis di sekitarnya merupakan pembuluh darah.



Gambar 14. Candling Hari Ke-14

Gambar 14 menunjukkan proses candling telur pada hari ke-14 masa inkubasi. Pada tampilan gambar, terlihat bayangan gelap berukuran besar di dalam telur yang menandakan embrio telah berkembang. Pada tahap ini, embrio mulai memenuhi sebagian besar ruang di dalam telur, tampak lebih padat, dan menunjukkan perkembangan yang baik.



Gambar 15. Candling Hari Ke-18

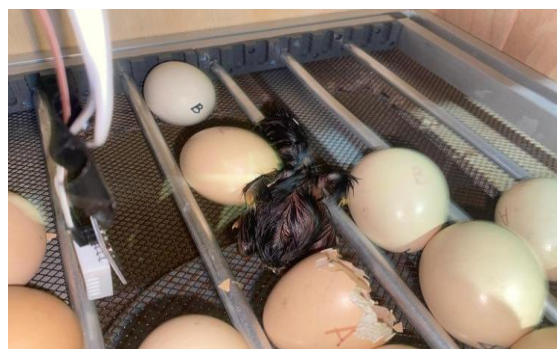
Gambar 15 menunjukkan proses candling telur pada usia 18 hari inkubasi. Pada tahap ini, embrio di dalam telur telah berkembang hampir sempurna, dan tubuh anak ayam mulai memenuhi seluruh ruang di dalam cangkang. Gambar 16 menunjukkan cangkang telur yang mulai retak dan

terbuka sebagian, menandakan bahwa anak ayam sedang berusaha keluar. Sementara pada gambar kedua, tampak anak ayam yang sudah berhasil menetas dengan tubuh masih basah oleh cairan sisa dari dalam telur.



Gambar 16. Telur Ayam Menetas

Pada Gambar 17 merupakan proses penetasan telur ayam yang terjadi pada usia 21 hari yang merupakan tahap akhir dari masa inkubasi, di mana anak ayam mulai memecahkan cangkang dengan menggunakan paruhnya melalui bagian yang disebut "egg tooth".



Gambar 17. Ayam sudah keluar dari cangkang

3.4 Hasil Proses Inkubator.

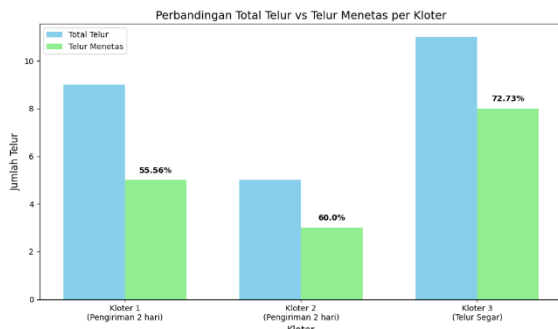
Tingkat keberhasilan penetasan telur dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah telur yang menetas dengan jumlah total telur yang diinkubasi. Mengacu pada (Biesek et al., 2023), perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan (1).

$$TK = \frac{\text{Telur Menetas}}{\text{Total Telur}} \times 100\% \quad (1)$$

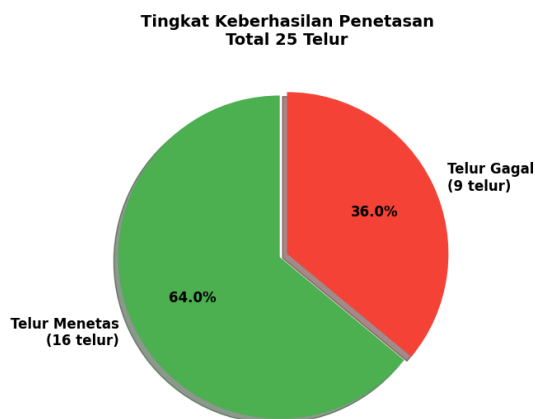
Pada artikel ini, pengujian dilakukan terhadap 25 butir telur yang dibagi menjadi tiga kloter berdasarkan kondisi penanganan sebelum inkubasi. Kloter pertama dan kedua terdiri dari telur yang mengalami proses pengiriman selama ± 2 hari, sehingga berpotensi mengalami penurunan kualitas akibat guncangan dan fluktuasi suhu.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kloter pertama, 5 dari 9 telur berhasil menetas dengan

tingkat keberhasilan sebesar 55,56%. Pada kloter kedua, 3 dari 5 telur menetas dengan tingkat keberhasilan sebesar 60%. Sementara itu, kloter ketiga menggunakan telur segar yang tidak melalui proses pengiriman, sehingga kondisinya lebih stabil. Pada kloter ini, 8 dari 11 telur berhasil menetas dengan tingkat keberhasilan sebesar 72,73%. Secara keseluruhan, dari total 25 telur yang diuji, sebanyak 16 telur berhasil menetas. Dengan demikian, tingkat keberhasilan penetasan diperoleh sebesar 64%. Hasil dari proses itu dapat di lihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Tingkat Keberhasilan per Kloter



Gambar 19. Grafik Keberhasilan Penetasan Telur

Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi penanganan dan penyimpanan telur sebelum proses inkubasi memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan penetasan. Telur dengan kondisi segar dan penanganan yang tepat cenderung menghasilkan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan telur yang mengalami proses distribusi.

4. Kesimpulan

Perancangan dan implementasi sistem otomatisasi penetasan telur berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan integrasi sensor suhu, kelembaban, dan pencahayaan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kestabilan proses inkubasi. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan inkubator secara *real-time* menggunakan sensor DHT22 dan LDR yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32

berbasis konektivitas Wi-Fi. Selain itu, sistem juga mendukung pemantauan jarak jauh melalui aplikasi berbasis web dalam jaringan lokal.

Fitur otomatisasi yang diterapkan, seperti pengendalian suhu dan kelembaban secara stabil serta mekanisme pembalikan telur berbasis interval waktu, terbukti mampu menjaga distribusi panas yang merata dan mengurangi risiko kegagalan perkembangan embrio. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai tingkat keberhasilan penetasan sebesar 64%, dengan 16 dari 25 telur berhasil menetas.

Berbeda dengan penelitian Nazir et al. (2023) dan Herawan/Devin et al. (2025) yang tidak menyebutkan tingkat keberhasilan penetasan serta hanya berfokus pada monitoring tanpa kontrol otomatis, penelitian Simangunsong et al. (2025) mencapai keberhasilan 71% namun terbatas pada platform Arduino dan aplikasi tunggal. Artikel ini menghadirkan solusi unggul dengan tingkat keberhasilan penetasan 64% (72,73% untuk telur segar), dilengkapi kontrol otomatis penuh pada tiga parameter lingkungan (suhu, kelembaban, pencahayaan), serta terintegrasi dengan aplikasi Flutter multiplatform yang dapat diakses melalui Android, iOS, dan web dalam satu basis kode.

Capaian ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja secara efektif dalam menjaga kondisi inkubasi. Namun demikian, faktor eksternal seperti kualitas, penanganan, dan penyimpanan telur sebelum proses inkubasi turut memengaruhi tingkat keberhasilan penetasan. Secara keseluruhan, sistem inkubator berbasis IoT yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik dan berpotensi menjadi solusi praktis dalam mendukung proses penetasan telur secara otomatis, efisien, dan terkontrol.

Daftar Pustaka:

- Ariani, F., Endra, R. Y., Erlangga, E., Aprilinda, Y., & Bahan, A. R. (2020). Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi Dan Teknologi*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.36448/jmsit.v10i2.1602>
- Arif, S. S. A., Deny, N. T., Imam, A. A., & Rito, C. S. H. (2026). Implementasi dan Evaluasi Kinerja Sistem IoT Multi-Sensor Berbasis ESP32 untuk Pemantauan dan Peringatan Dini Lingkungan secara Real-Time. *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, 9(1), 118–125. <https://doi.org/10.36085/jsai.v9i1.9861>
- Askan, A., Ali, M., Kadaryono, K., & Muhlasin, M. (2022). Optimasi Sistem Kontrol Mesin Penetas Telur Menggunakan Sensor Suhu dan Kelembaban Udara. *Jurnal FORTECH*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.56795/fortech.v3i1.101>

- AY, S. (2024). Use of Agile Models in Software Engineering: Emerging and Declining Themes. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 10(4). <https://doi.org/10.22399/ijcesen.703>
- Biesek, J., Wlazlak, S., & Adamski, M. (2023). The biological value of hatching eggs of broiler chicken in the early-mid incubation period based on physicochemical and morphologic features. *Poultry Science*, 102(6), 102689. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102689>
- Devin, G. H., I Kadek, A. A. Y., Ida, B. A. S., & Lie, J. (2025). Rancang Bangun Prototype Monitoring System Berbasis Internet Of Things Pada Inkubator Penetasan Telur. *Jurnal SPEKTRUM*, 12(03), 161–169.
- Faiz, M. A., Kusumo, D. S., & Alibasa, M. J. (2022). Flutter Framework Code Portability Measurement on Multiplatform Applications with ISO 9126. *2022 1st International Conference on Software Engineering and Information Technology (ICoSEIT)*, 36–40. <https://doi.org/10.1109/ICoSEIT55604.2022.10030045>
- Ferdiansyah, M., Mariya, L., & Kholifah K, S. (2025). Optimization of Energy Efficiency and Hatchability Rates in IoT-Based Egg Incubators. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, 5(1), 357–367. <https://doi.org/10.35870/ijsecs.v5i1.3633>
- Fotariya, Mr. A., & Mandge, Mr. O. (2022). Systematic Review of Agile Methodologies for Software Development. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(6), 1771–1774. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.44143>
- Hidayat, M., & Rahimah, N. (2024). Perancangan Aplikasi Pengecekan Kerusakan Capacitor Discharge Ignition (CDI) Sepeda Motor Berbasis IOT. *Swabumi*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.31294/swabumi.v12i1.16193>
- Indriani, A., Pramudito, D. K., & Suherman. (2024). An Agile Development Method of Employee Co-op Shop Web-Based Sales Information System. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 123–132. <https://doi.org/10.60083/jidt.v6i2.538>
- Karsid, K. (2024). Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Udara pada Alat Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno. *Elektriase: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 14(01), 25–32. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v14i01.3734>
- Kinari, S. A., Funabiki, N., Aung, S. T., Wai, K. H., Mentari, M., & Puspitaningayu, P. (2024). An Independent Learning System for Flutter Cross-Platform Mobile Programming with Code Modification Problems. *Information*, 15(10), 614. <https://doi.org/10.3390/info15100614>
- Musa Adame, M., Yusuf, Y., & Tilahun Kuda, N. (2023). Influences of Types of Incubators on Hatchability of Eggs. *Advances in Applied Sciences*. <https://doi.org/10.11648/j.aas.20230803.13>
- Nazir, R., Pawawoi, A., Latif, M., Hamid, M. I., Anugrah, P., & Fitrianto, E. (2023). Perancangan Sistem Smart Egg Incubator sebagai Optimalisasi Pemanfaatan Energi Terbaru di Ngalau Baribuik, Padang. *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, 30(2), 304–313. <https://doi.org/10.25077/jwa.30.2.304-313.2023>
- Setiawan, A., Apriani, Y., Saleh, Z., & Ardianto, F. (2024). Pengendali Suhu Fermentasi Tempe Berbasis NodeMCU Dan Sensor DHT 22. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 18(2), 128–138. <https://doi.org/10.23960/elc.v18n2.2566>
- Sutiah, S., & Supriyono, S. (2021). Software testing on e-learning Madrasahs using Blackbox testing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1073(1), 012065. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1073/1/012065>
- Teffo, M. C., Sigama, K., & Kanobe, F. (2023). A contextualised model of the use of agile technique in South African software development team. *SA Journal of Information Management*, 25(1). <https://doi.org/10.4102/sajim.v25i1.1617>
- Wahyudi, J., Asbari, M., Sasono, I., Pramono, T., & Novitasari, D. (2022). Database Management Education in MYSQL. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(2), 2413–2417. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i2.4570>
- Wendanto, W., Prasetyo, O. B., Praweda, D. R., & Kusuma Arbi, A. R. (2021). Alat Pengontrolan Suhu Penetas Telur Otomatis Menggunakan ESP8266 Wemos D1 Mini Berbasis Internet of Things. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 27(2), 167–176. <https://doi.org/10.36309/goi.v27i2.154>
- Wendy, K. S., Manurung, C. T. H., & Suciningtyas, I. K. L. N. (2025). Rancang Bangun Alat Penetas Telur dengan Sistem Pengendali Suhu dan Kelembaban Menggunakan Metode Fuzzy dan Monitoring Berbasis IoT. *JURNAL INTEGRASI*, 17(1), 70–79. <https://doi.org/10.30871/ji.v17i1.9478>

Halaman ini sengaja dikosongkan