

Implementasi Internet of Things (IoT) pada Sistem Penetasan Telur Otomatis untuk Meningkatkan Tingkat Keberhasilan Penetasan di Pamekasan

Maktsuful Ghummah ^{1)*} , Moh Amrullah ²⁾ 

¹⁾²⁾Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾acuffbrekazz@gmail.com, ²⁾rullahalso@gmail.com

Abstract

Di wilayah Pamekasan, proses penetasan telur pada peternakan unggas masih banyak dilakukan dengan metode konvensional yang memanfaatkan lampu sebagai sumber panas utama di dalam inkubator. Metode ini digunakan untuk menjaga suhu agar tetap hangat selama proses perkembangan embrio di dalam telur. Namun, sistem konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan, terutama dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam inkubator. Perubahan suhu lingkungan serta tidak adanya sistem pengendalian otomatis sering menyebabkan kondisi di dalam inkubator menjadi tidak stabil. Hal ini dapat mempengaruhi perkembangan embrio dan berdampak pada rendahnya tingkat keberhasilan penetasan telur. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem penetas telur otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan pengendalian serta pemantauan kondisi inkubator secara real-time. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rancang bangun sistem, yang meliputi tahap perancangan perangkat, proses implementasi, serta pengujian sistem yang telah dibuat. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu dan kelembaban untuk mendeteksi kondisi di dalam inkubator, mikrokontroler sebagai pusat pengendali, serta aktuator yang berfungsi untuk menyesuaikan kondisi suhu dan kelembaban agar tetap berada pada tingkat yang optimal. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem yang dirancang mampu menjaga suhu inkubator pada kisaran optimal yaitu sekitar 37–38°C. Selain itu, sistem juga mampu menjaga kestabilan kondisi inkubator secara lebih baik dibandingkan dengan metode penetasan konvensional. Dengan demikian, sistem penetas telur otomatis berbasis IoT ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas serta keberhasilan dalam proses penetasan telur.

Keywords: Internet of Things; Penetas Telur; Otomatisasi; Monitoring; Inkubator

Article history: Received 5 April 2026, first decision 22 April 2026, accepted 22 August 2026, available online 28 October 2026

I. PENDAHULUAN

Sektor peternakan unggas merupakan salah satu sektor yang memiliki kontribusi penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat, terutama sebagai sumber protein hewani. Selain itu, sektor ini juga berperan dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat, khususnya bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pedesaan. Di Kabupaten Pamekasan, kegiatan beternak unggas cukup berkembang dan menjadi salah satu mata pencaharian yang cukup menjanjikan. Salah satu proses penting dalam kegiatan peternakan unggas adalah proses penetasan telur untuk menghasilkan bibit unggas yang berkualitas.

Pada praktiknya, proses penetasan telur di wilayah tersebut masih banyak dilakukan dengan metode konvensional. Peternak umumnya menggunakan inkubator sederhana yang memanfaatkan lampu sebagai sumber panas utama untuk menjaga suhu di dalam alat penetas. Lampu digunakan sebagai penghasil panas agar suhu di dalam inkubator tetap hangat sehingga dapat mendukung proses perkembangan embrio di dalam telur hingga menetas[1].

Meskipun metode ini relatif mudah diterapkan dan memiliki biaya yang cukup rendah, sistem penetasan secara konvensional memiliki beberapa kelemahan. Salah satu permasalahan utama adalah sulitnya menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam inkubator. Kondisi lingkungan sekitar seperti perubahan suhu udara, sirkulasi udara, serta tidak adanya sistem pengaturan otomatis menyebabkan suhu di dalam inkubator sering mengalami fluktuasi[2]. Padahal, proses penetasan telur membutuhkan kondisi lingkungan yang stabil, khususnya suhu yang berada pada kisaran optimal yaitu sekitar 37–38°C.

Ketidakstabilan suhu dan kelembaban tersebut dapat memberikan dampak negatif terhadap perkembangan embrio di dalam telur[3]. Apabila suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi dari rentang yang dibutuhkan, maka proses perkembangan embrio dapat terganggu. Kondisi ini berpotensi menyebabkan embrio tidak berkembang secara normal

* Corresponding author

bahkan dapat mengakibatkan kematian embrio sebelum proses penetasan berlangsung. Akibatnya, tingkat keberhasilan penetasan telur menjadi rendah dan dapat merugikan peternak[4].

Selain permasalahan pada kestabilan suhu, metode konvensional juga masih sangat bergantung pada pengawasan manual oleh peternak. Peternak harus secara berkala memeriksa kondisi suhu dan kelembaban di dalam inkubator untuk memastikan kondisi tetap sesuai dengan kebutuhan penetasan telur. Proses pengawasan yang dilakukan secara manual ini tidak hanya membutuhkan waktu dan tenaga[5], tetapi juga berpotensi menimbulkan kesalahan manusia (human error) yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses penetasan[6].

Seiring dengan berkembangnya teknologi di bidang elektronika dan sistem informasi, muncul berbagai inovasi yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dalam berbagai sektor, termasuk dalam bidang peternakan. Salah satu teknologi yang saat ini berkembang pesat adalah Internet of Things (IoT)[7],[8]. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat melakukan proses pemantauan, pengendalian, dan pertukaran data secara otomatis dan real-time.

Dengan memanfaatkan teknologi IoT, sistem inkubator penetas telur dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih modern dan otomatis[9],[10]. Melalui penggunaan sensor suhu dan kelembaban, mikrokontroler sebagai pengendali utama, serta koneksi internet, kondisi di dalam inkubator dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis. Selain itu, informasi mengenai kondisi suhu dan kelembaban juga dapat diakses secara real-time oleh pengguna melalui perangkat seperti smartphone atau komputer[11], [12], sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem inkubator penetas telur otomatis berbasis Internet of Things (IoT)[13], [14]. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam inkubator sesuai dengan kebutuhan proses penetasan telur. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi peternak dalam melakukan pemantauan dan pengendalian inkubator secara lebih efektif dan efisien.

Dengan adanya sistem penetas telur otomatis berbasis IoT ini, diharapkan tingkat keberhasilan penetasan telur dapat meningkat, risiko kegagalan akibat ketidakstabilan suhu dapat diminimalkan, serta proses pengelolaan penetasan telur menjadi lebih praktis bagi para peternak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan bagian yang memuat kajian teoritis dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Pada penelitian ini, kajian pustaka difokuskan pada konsep Internet of Things (IoT), sistem penetasan telur, sensor suhu dan kelembaban, serta penggunaan mikrokontroler sebagai pengendali sistem. Kajian ini bertujuan untuk memberikan landasan teori yang kuat serta menunjukkan posisi penelitian yang dilakukan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya. Dengan adanya tinjauan pustaka, diharapkan penelitian ini memiliki dasar ilmiah yang jelas serta mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi penetas telur otomatis berbasis IoT.

1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data dan melakukan kontrol secara otomatis[8]. IoT terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor sebagai pengumpul data, mikrokontroler sebagai pengolah data, serta jaringan komunikasi sebagai media pengiriman data[15], [16].

Dalam penerapannya pada sistem penetas telur, IoT berperan dalam melakukan monitoring kondisi inkubator secara real-time serta mengontrol perangkat seperti pemanas dan kipas secara otomatis. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban tanpa harus berada di lokasi secara langsung.

2. Sistem Penetasan Telur

Sistem penetasan telur merupakan metode untuk menetas telur tanpa bantuan induk dengan menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai bagi perkembangan embrio. Parameter utama dalam proses ini adalah suhu, kelembaban, serta sirkulasi udara[17].

Suhu optimal untuk penetasan telur berada pada kisaran 37–38°C, sedangkan kelembaban ideal berkisar antara 55–65%. Ketidaksesuaian kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan perkembangan embrio bahkan kegagalan penetasan[18].

Di wilayah Pamekasan, metode penetasan masih banyak dilakukan secara konvensional dengan menggunakan lampu sebagai sumber panas. Metode ini cenderung menghasilkan suhu yang tidak stabil karena tidak adanya sistem kontrol otomatis.

3. Sensor Suhu dan Kelembaban

Sensor suhu dan kelembaban merupakan komponen penting dalam sistem penetas telur otomatis. Sensor ini berfungsi untuk mengukur kondisi lingkungan di dalam inkubator secara real-time[19].

Jenis sensor yang umum digunakan adalah DHT11 dan DHT22[20],[21]. Sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan DHT11, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan kestabilan tinggi. Data yang diperoleh dari sensor akan digunakan oleh sistem untuk menentukan tindakan pengendalian suhu dan kelembaban.

Keakuratan sensor sangat mempengaruhi kinerja sistem, karena kesalahan pembacaan data dapat menyebabkan sistem tidak bekerja secara optimal[22].

4. Mikrokontroler (ESP8266/ESP32)

Mikrokontroler merupakan pusat pengendali dalam sistem berbasis IoT. Pada penelitian ini digunakan ESP8266 atau ESP32 yang memiliki kemampuan konektivitas WiFi[23], [24].

Mikrokontroler berfungsi untuk memproses data dari sensor, mengambil keputusan berdasarkan nilai setpoint, serta mengontrol aktuator seperti lampu dan kipas[25]. Selain itu, mikrokontroler juga mengirimkan data ke platform IoT untuk keperluan monitoring.

Penggunaan ESP8266/ESP32 memberikan keuntungan dalam hal efisiensi, karena perangkat ini mampu menggabungkan fungsi kontrol dan komunikasi dalam satu modul.

5. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan teknologi IoT dalam sistem penetasan telur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatis mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban lebih baik dibandingkan metode konvensional[26].

Selain itu, fitur monitoring real-time memungkinkan pengguna untuk mengawasi kondisi inkubator secara jarak jauh[27]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum mempertimbangkan kondisi lokal peternak, khususnya di daerah seperti Pamekasan yang masih menggunakan metode sederhana.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem yang tidak hanya berbasis teknologi, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan dan kondisi nyata di lapangan.

III. METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (Research and Development/R&D), yaitu metode yang berfokus pada perancangan, pembuatan, serta pengujian suatu sistem[28]. Sistem yang dikembangkan adalah penetas telur otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan pengendalian suhu dan kelembaban secara otomatis serta monitoring secara real-time[29],[30]. Tahapan penelitian meliputi perancangan system, pembuatan alat (hardware & software), pengujian system dan analisis hasil.

B. Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan:

TABLE 1
ALAT DAN BAHAN

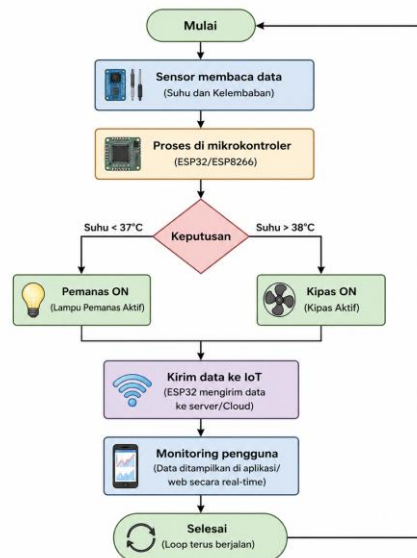
No	Komponen	Fungsi
1	ESP8266/ESP32	Pengendali utama & koneksi IoT
2	Sensor DHT22	Mengukur suhu & kelembaban
3	Relay	Mengontrol ON/OFF perangkat
4	Lampu	Sumber panas
5	Kipas	Pendingin & sirkulasi
6	Inkubator (box)	Tempat telur
7	Catu daya	Sumber listrik
8	Smartphone	Monitoring

C. Perancangan Sistem

Sistem dirancang dalam bentuk sistem kontrol tertutup (closed-loop system), di mana output sistem (suhu) akan mempengaruhi input berikutnya melalui sensor[31]. Alur kerja sistem dimulai ketika sensor membaca nilai suhu dan kelembaban yang terdapat di dalam inkubator secara berkala setiap beberapa detik. Data hasil pembacaan sensor tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Mikrokontroler selanjutnya membandingkan nilai suhu yang terdeteksi dengan nilai setpoint yang telah ditentukan[32], yaitu suhu ideal penetasan telur berada pada kisaran 37–38°C. Apabila suhu yang terdeteksi lebih rendah dari 37°C, maka sistem akan mengaktifkan relay yang berfungsi menyalakan lampu sebagai sumber panas untuk meningkatkan suhu di dalam inkubator[17],[33]. Sebaliknya, jika suhu yang terdeteksi melebihi 38°C, maka relay akan mengaktifkan kipas untuk menurunkan suhu agar kembali ke kondisi optimal[34],[16]. Selanjutnya, data suhu dan kelembaban yang telah diproses akan dikirimkan ke platform Internet of Things (IoT) melalui jaringan internet. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi inkubator secara real-time melalui perangkat smartphone[20],[35].

D. Diagram Alur Sistem (Penjelasan Teknis)

Proses sistem dimulai dengan tahap inialisasi sensor serta koneksi WiFi yang digunakan untuk menghubungkan perangkat dengan jaringan interne[36]t. Setelah sistem aktif, sensor akan membaca nilai suhu dan kelembaban yang terdapat di dalam inkubator. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai setpoint yang telah ditentukan sebelumnya sebagai kondisi optimal penetasan telur. Apabila terjadi perbedaan antara nilai yang terukur dengan setpoint, sistem akan mengontrol aktuator seperti lampu atau kipas untuk menyesuaikan kondisi suhu dan kelembaban agar tetap berada pada kisaran yang diinginkan[3], [37], [38]. Selanjutnya, data yang telah diperoleh akan dikirimkan ke server IoT sehingga dapat dipantau secara real-time. Informasi tersebut kemudian ditampilkan kepada pengguna melalui perangkat yang terhubung[39], [40]. Proses ini berlangsung secara berulang agar kondisi inkubator tetap terjaga secara optimal selama proses penetasan berlangsung.



Gambar 1. Arsitektur dan diagram alur sistem

E. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode, yaitu observasi, eksperimen, dan dokumentasi. Metode observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi di dalam inkubator selama proses penetasan telur berlangsung[41],[42]. Selanjutnya, metode eksperimen dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang melalui beberapa skenario pengujian, seperti menguji respons sistem terhadap perubahan suhu serta menguji kestabilan suhu dalam jangka waktu tertentu untuk mengetahui kinerja sistem dalam menjaga kondisi inkubator tetap optimal[38], [43]. Selain itu, metode dokumentasi dilakukan dengan mencatat dan mengumpulkan berbagai data hasil pengujian, antara lain data suhu dalam satuan derajat Celsius (°C), kelembaban dalam persentase (%), serta jumlah telur yang berhasil menetas selama proses penelitian berlangsung.

F. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan. Pertama, analisis kestabilan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah suhu di dalam inkubator dapat dipertahankan pada rentang optimal penetasan telur, yaitu antara 37–38°C[44],[45]. Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan terhadap fluktuasi suhu yang terjadi selama periode waktu tertentu guna menilai kemampuan sistem dalam menjaga kestabilan suhu. Kedua, analisis keberhasilan penetasan dilakukan untuk menghitung persentase telur yang berhasil menetas selama proses penelitian berlangsung[46]. Perhitungan ini menggunakan rumus tingkat keberhasilan penetasan, yaitu jumlah telur yang menetas dibagi dengan jumlah total telur yang digunakan, kemudian dikalikan 100%. Ketiga, dilakukan analisis perbandingan antara metode penetasan manual yang menggunakan lampu biasa dengan metode penetasan berbasis Internet of Things (IoT)[47], [48]. Perbandingan tersebut dilakukan berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu tingkat stabilitas suhu di dalam inkubator serta persentase telur yang berhasil menetas[49],[50]. Melalui analisis ini diharapkan dapat diketahui efektivitas sistem penetas telur berbasis IoT dibandingkan dengan metode konvensional.

IV. HASIL

A. Skenario dan Setup Pengujian

Pengujian dilakukan pada sebuah inkubator berkapasitas 20 butir telur yang ditempatkan di lingkungan ruangan tertutup di wilayah Pamekasan. Pengujian berlangsung selama 3 hari awal masa inkubasi untuk mengamati kestabilan suhu dan kelembaban sistem. Parameter yang digunakan dalam pengujian sistem meliputi beberapa aspek penting yang berkaitan dengan kondisi optimal proses penetasan telur. Setpoint suhu yang digunakan dalam pengujian berada pada kisaran 37–38°C, karena rentang tersebut merupakan suhu ideal yang dibutuhkan untuk mendukung perkembangan embrio di dalam telur. Selain itu, tingkat kelembaban yang ditargetkan berada pada kisaran 55–65% agar kondisi lingkungan di dalam inkubator tetap sesuai dengan kebutuhan proses penetasan. Proses pembacaan data suhu dan kelembaban dilakukan secara berkala dengan interval waktu setiap satu jam untuk memantau perubahan kondisi di dalam inkubator selama proses penetasan berlangsung. Dalam penelitian ini juga dilakukan perbandingan antara dua metode penetasan, yaitu sistem penetas telur berbasis Internet of Things (IoT) dan metode konvensional yang menggunakan lampu manual. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kinerja kedua metode dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban serta pengaruhnya terhadap keberhasilan proses penetasan telur.

B. Data Pengujian Sistem IoT

Hari ke-1

TABLE 2
DATA PENGUJIAN HARI PERTAMA

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Keterangan
00:00	36.7	62	Pemanas aktif
02:00	37.1	60	Stabil
04:00	37.3	59	Stabil
06:00	37.6	58	Stabil
08:00	37.9	57	Stabil
10:00	38.2	55	Kipas aktif
12:00	37.8	56	Stabil
14:00	37.5	57	Stabil
16:00	37.4	59	Stabil
18:00	37.2	60	Stabil
20:00	37.0	61	Stabil
22:00	36.9	62	Pemanas aktif

Pada hari ke-2 pengujian, suhu minimum tercatat sebesar 36,8°C dan suhu maksimum 38,1°C dengan rata-rata suhu 37,4°C, sedangkan rata-rata kelembaban mencapai 58%. Sistem bekerja dengan baik karena pemanas dan kipas aktif secara otomatis sesuai dengan kondisi yang terdeteksi. Sementara itu, pada hari ke-3 pengujian, suhu minimum tercatat 36,9°C dan suhu maksimum 38,0°C dengan rata-rata suhu 37,5°C. Fluktuasi suhu yang terjadi

relatif kecil, yaitu kurang dari $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$, sehingga menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara stabil tanpa mengalami gangguan.

C. Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian, sistem berbasis IoT menunjukkan kemampuan dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban secara signifikan dibandingkan metode manual. Hal ini ditunjukkan oleh fluktuasi suhu yang relatif kecil pada sistem IoT, yaitu kurang dari $\pm 1^{\circ}\text{C}$, sedangkan metode manual menunjukkan fluktuasi yang cukup besar hingga lebih dari $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Kondisi suhu yang stabil sangat berpengaruh terhadap perkembangan embrio di dalam telur. Pada metode manual, suhu yang terlalu tinggi pada siang hari menyebabkan risiko kematian embrio, sedangkan suhu rendah pada malam hari menghambat proses perkembangan. Sebaliknya, sistem IoT mampu menjaga suhu tetap berada dalam rentang optimal, sehingga kondisi lingkungan inkubator menjadi lebih ideal.

Dari sisi hasil penetasan, sistem IoT menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 90%, lebih tinggi dibandingkan metode manual yang hanya mencapai 60%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem otomatis berbasis IoT memberikan pengaruh positif terhadap keberhasilan penetasan telur.

V. PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penetas telur berbasis Internet of Things (IoT) mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam inkubator dengan lebih baik dibandingkan metode konvensional. Hal ini terlihat dari rentang suhu yang dihasilkan oleh sistem IoT, yaitu sekitar $36,8\text{--}38,1^{\circ}\text{C}$ dengan fluktuasi yang relatif kecil, kurang dari $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Kestabilan suhu tersebut dipengaruhi oleh adanya mekanisme kontrol otomatis pada sistem[51], [52]. Mikrokontroler secara terus-menerus membaca data dari sensor suhu dan kelembaban, kemudian membandingkannya dengan nilai setpoint yang telah ditentukan. Jika suhu berada di bawah batas minimum, sistem akan secara otomatis mengaktifkan pemanas. Sebaliknya, jika suhu melebihi batas maksimum, kipas akan diaktifkan untuk menurunkan suhu. Mekanisme ini menunjukkan bahwa sistem bekerja menggunakan prinsip kontrol tertutup (closed-loop system) yang mampu merespons perubahan kondisi lingkungan secara cepat dan tepat.

Berbeda dengan metode konvensional yang masih banyak digunakan di Pamekasan, pengaturan suhu pada metode tersebut dilakukan secara manual tanpa sistem kontrol otomatis[53]. Akibatnya, fluktuasi suhu yang terjadi cukup tinggi, yaitu berkisar antara $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini menunjukkan bahwa metode manual kurang mampu menjaga kestabilan suhu secara konsisten, terutama ketika terjadi perubahan suhu lingkungan di sekitar inkubator[20], [54].

Dari segi keberhasilan penetasan, sistem berbasis IoT menunjukkan hasil yang lebih baik dengan tingkat keberhasilan mencapai 90%, sedangkan metode konvensional hanya sekitar 60%. Hal ini disebabkan oleh kondisi inkubator yang lebih stabil sehingga mendukung perkembangan embrio secara optimal. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kematian embrio, sementara suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan embrio di dalam telur.

Selain itu, sistem berbasis IoT juga memberikan kemudahan dalam proses pemantauan[55], [56]. Pengguna dapat memonitor kondisi inkubator secara real-time tanpa harus berada langsung di lokasi. Fitur ini membantu meningkatkan efisiensi pengawasan sekaligus mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (human error).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem penetas telur berbasis IoT memiliki keunggulan dalam menjaga kestabilan suhu, meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan, serta memberikan efisiensi dalam proses pengawasan dibandingkan dengan metode konvensional.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem penetas telur otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil dirancang dan dijalankan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini mampu mengintegrasikan berbagai komponen, seperti sensor suhu dan kelembaban, mikrokontroler, serta aktuator berupa lampu dan kipas, ke dalam satu sistem kontrol otomatis yang bekerja secara terintegrasi. Selain itu, sistem juga dapat mengirimkan data ke platform IoT sehingga kondisi inkubator dapat dipantau secara real-time melalui perangkat yang terhubung dengan internet.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam inkubator secara lebih baik. Suhu inkubator dapat dipertahankan pada kisaran optimal $37\text{--}38^{\circ}\text{C}$ dengan fluktuasi yang relatif kecil, yaitu sekitar $\pm 0,5\text{--}1^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini lebih stabil dibandingkan dengan metode konvensional yang menunjukkan fluktuasi suhu hingga lebih dari $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis yang diterapkan mampu merespons perubahan kondisi lingkungan dengan baik.

Dari sisi keberhasilan penetasan, penggunaan sistem berbasis IoT juga menunjukkan peningkatan yang signifikan. Tingkat keberhasilan penetasan telur mencapai sekitar 90%, sedangkan metode konvensional hanya mencapai sekitar 60%. Peningkatan ini terjadi karena kondisi lingkungan di dalam inkubator lebih stabil sehingga mendukung perkembangan embrio secara optimal. Selain itu, sistem ini juga memberikan kemudahan bagi pengguna karena proses monitoring dapat dilakukan secara jarak jauh melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Dengan demikian, pengguna tidak perlu melakukan pengawasan secara terus-menerus secara manual, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga serta mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (human error). Sistem yang dirancang juga dinilai sesuai dengan kebutuhan peternak di wilayah Pamekasan, sehingga berpotensi untuk diterapkan sebagai solusi dalam meningkatkan produktivitas penetasan telur di tingkat masyarakat.

Author Contributions: [Maktsuful Ghummah]: berperan dalam pengembangan perangkat lunak, pelaksanaan eksperimen, pengumpulan dan pengolahan data, serta turut berkontribusi dalam penulisan draf awal. Penulis ketiga berkontribusi dalam pelaksanaan eksperimen dan pengumpulan data selama proses penelitian berlangsung. [Moh Amrullah]: berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian, penyusunan metodologi, penulisan draf awal, serta melakukan revisi dan penyuntingan naskah secara keseluruhan, termasuk supervisi terhadap jalannya penelitian.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, khususnya dalam proses pengumpulan data dan pengujian sistem.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Institutional Review Board Statement: Not applicable. / This study received ethical approval from the NAME OF INSTITUTE Research Ethics Committee (approval no. XYZ123) on Month DD, YYYY.

Animal Subjects: There were no animal subjects. / This research involved animal subjects and it complies with ARRIVE guidelines. / This research involved animal subjects but did NOT comply with ARRIVE guidelines, *Kindly provide a rationale for why your research did not adhere to the ARRIVE guidelines.* – this statement is mandatory.

ORCID:

First Author: -

Second Author: -

Third Author: -

REFERENCES

- [1] K. Muttaqin, A. Ihsan, and H. Irawan, "Peningkatan Produktivitas Ternak Ayam Melalui Teknologi Inkubator Mesin Penetas Telur Berbasis Internet of Thing," 2022, *academia.edu*. doi: 10.31764/jmm.v6i5.10812.
- [2] M. H. Santoso, *Perancangan Alat Inkubator Berbasis Arduino Untuk Proses Pengawetan Ikan Asin*. repositori.uma.ac.id, 2021. [Online]. Available: <https://repositori.uma.ac.id/jspui/handle/123456789/17723>
- [3] J. E. Candra and H. Syafrianto, "Prototipe Pengontrolan Suhu Otomatis Pada Inkubator Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–58, 2022, doi: 10.58520/jddat.v1i1.20.
- [4] M. Anang Sucipto and S. Bagus Prakoso, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis berbasis Arduino," *J. FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 43–50, 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.106.
- [5] R. Mustika Yasi and A. T Candra, "Analisis Sistem Otomatisasi Kandang Ayam Boiler Berbasis IoT," 2022, *pdfs.semanticscholar.org*. doi: 10.51135/justevol2issue2page183-195.
- [6] F. B. Susetyo, I. W. Sugita, B. Basori, M. N. Rifqi, R. Wardiana, and J. Prasetyo, "Rancang Bangun Rak Penetas Telur Otomatis Pada Mesin Tetas Bertenaga Hybrid," 2020, *pdfs.semanticscholar.org*. doi: 10.47313/jig.v23i2.915.
- [7] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *J. MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [8] A. P. M. Erlangga, K. S. K. Dinatha, F. E. Nainggolan, and S. Prayogi, "Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 4, pp. 1367–1377, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3143.
- [9] Jhulinda Nizar Wati, Meta Yantidewi, and Utama Alan Deta, "Pengaruh Jumlah Lampu Pijar terhadap Suhu Mesin Penetas Telur Berbasis Raspberry Pi," *J. Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, pp. 575–585, 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3784.
- [10] K. A. Prasetya, Y. Sumaryana, and A. Sudiarjo, "Sistem Monitoring Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Bebek Menggunakan

- Modul Nodemcu 8266 Yang Terintegrasi Dengan Aplikasi Blynk,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4146.
- [11] W. Wendanto, O. B. Prasetyo, D. R. Praweda, and A. R. Kusuma Arbi, “Alat Pengontrolan Suhu Penetas Telur Otomatis Menggunakan ESP8266 Wemos D1 Mini Berbasis Internet of Things,” *Go Infotech J. Ilm. STMIK AUB*, vol. 27, no. 2, pp. 167–176, 2021, doi: 10.36309/goi.v27i2.154.
- [12] Sifani Oktavia, “Peran Teknologi Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Perusahaan Logistik,” *J. Cent. Publ.*, vol. 1, no. 9, pp. 1049–1056, 2024, doi: 10.60145/jcp.v1i9.202.
- [13] M. A. Roihan *et al.*, “Rancangan Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis,” 2020.
- [14] A. I. Herliana, M. Mukramin, and S. Paembonan, “Rancang Bangun Penetas Telur Bebek Menggunakan Metode Iot,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3s1.5406.
- [15] D. Turlykozhayeva *et al.*, “Routing Metric and Protocol for Wireless Mesh Network Based on Information Entropy Theory,” *Eurasian Phys. Tech. J.*, vol. 20, no. 4–46, pp. 90–98, 2023, doi: 10.31489/2023No4/90-98.
- [16] R. A. Putra and A. Ma’arif, “Internet of Things (IoT) Based Speed Monitoring System for Electric Cars,” *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 182–189, 2024, doi: 10.12928/biste.v6i2.11317.
- [17] F. Maulana, Jamaluddin, and Azhar, “Rancang Bangun Kontrol Suhu dan Kelembaban Pada Inkubator Anak Ayam,” *J. Tekro*, vol. 06, no. 02, pp. 153–159, 2022, [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/view/3725>
- [18] F. Ariani, R. Y. Endra, E. Erlangga, Y. Aprilinda, and A. R. Bahan, “Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam,” 2020, *academia.edu*. doi: 10.36448/jmsit.v10i2.1602.
- [19] C. Stewart, N. Fough, and R. Prabhu, “A simulation into the physical and network layers of optical communication network for the subsea video surveillance of illicit activity,” ... , *Crime Fight. Forensics* ..., p. 7, 2022, doi: 10.1117/12.2641374.
- [20] S. D. Suandi, T. Andriani, and L. Suryadi, “Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram,” *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 155, 2023, doi: 10.30595/jrre.v5i2.19734.
- [21] Y. D. A. Putra and C. Sari, “Pengaplikasian Sensor DHT22 Berbasis Arduino Sebagai Penetas Telur Ayam Kampung,” 2022, *academia.edu*. doi: 10.25273/electra.v2i2.12254.
- [22] M. Jouhari, K. Ibrahim, J. Ben Othman, and E. M. Amhoud, “Deep Reinforcement Learning-Based Energy Efficiency Optimization for Flying LoRa Gateways,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, vol. 2023-May, pp. 6157–6162, 2023, doi: 10.1109/ICC45041.2023.10279198.
- [23] M. Marisa, C. Carudin, and R. Ramdani, “Otomatisasi Sistem Pengendalian dan Pemantauan Kadar Nutrisi Air menggunakan Teknologi NodeMCU ESP8266 pada Tanaman Hidroponik,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 2, pp. 127–134, 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i2.430.
- [24] A. Zubow, C. Laskos, and F. Dressler, “Toward the simulation of WiFi Fine Time measurements in NS3 network simulator,” *Comput. Commun.*, vol. 210, pp. 35–44, 2023, doi: 10.1016/j.comcom.2023.07.028.
- [25] R. S. Rinaldi, Y. R. Lase, and M. K. A. Rosa, “Perancangan Sistem Otomatisasi Penyalan Lampu, Kipas Angin, dan Proyektor Dalam Ruang Kelas,” 2021, *academia.edu*. doi: 10.33369/jamplifier.v11i2.18317.
- [26] K. Karsid, “Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Udara pada Alat Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno,” *Elektrise J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 01, pp. 25–32, 2024, doi: 10.47709/elektrise.v14i01.3734.
- [27] Nisa Sholehatus, Andreansyah Ilham, and Lamsadi, “Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Internet of Things,” *J. Kecerdasan Buatan, Komputasi, dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 135–146, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core/article/view/9520>
- [28] M. Anang Sucipto and S. Bagus Prakoso, “Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis berbasis Arduino,” 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.106.
- [29] E. Alotaibi and N. Nassif, “Artificial intelligence in environmental monitoring: in-depth analysis,” 2024, *Springer*. doi: 10.1007/s44163-024-00198-1.
- [30] G. Siagian, “TINGKAT KEBERHASILAN PENETASAN TELUR PENYU HIJAU (*Chelonia mydas*) PADA SARANG SEMI ALAMI DI PANTAI PANGUMBAHAN SUKABUMI,” 2025. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [31] Y. Noviansyah and E. Abdulrahman, “Rancang Bangun Inkubator Penetas Telur Otomatis Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 ESP8266,” *J. Tek. Elektro Raflesia*, vol. 2, no. 1, pp. 21–29, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.polraf.ac.id/index.php/JTERAF/article/view/135>
- [32] K. Fuady, “Assembly Setting Suhu Dan Waktu Menggunakan Remote Control Pada Inkubator Bakteri Berbasis Arduino Uno Atmega328,” *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 7, no. 1, pp. 2657–1900, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.undana.ac.id/FISA/article/view/7137>
- [33] Y. A. Yunus, R. Satra, and F. Fattah, “Sistem Monitoring Suhu Pada Inkubator Penetas Telur Berbasis IoT,” *LINIER Lit. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 4, pp. 389–394, 2024, doi: 10.33096/linier.v1i4.2538.
- [34] O. Surucu, S. A. Gadsden, and J. Yawney, “Condition Monitoring using Machine Learning: A Review of Theory, Applications, and Recent Advances,” 2023, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.eswa.2023.119738.
- [35] F. Aziz Jabbar, A. BudimanKusdinar, and P. Prajoko, “Prototype Sistem Pemantau Suhu Pada Inkubator Telur Itik Berbasis Iot,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 5, pp. 10410–10415, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11049.
- [36] M. Fahmi, M. Maisyaroh, I. Komarudin, S. Faizah, and I. Fadhilah, “Otomatisasi Jaringan Menggunakan Script Python Untuk Penyediaan Konfigurasi Internet Dan Manajemen Mikrotik,” *Bina Insa. Ict J.*, vol. 8, no. 1, p. 53, 2021, doi: 10.51211/biict.v8i1.1517.
- [37] Siswoko, E. S. Budi, and A. Komarudin, “Kontrol elektronik mesin penetas telur hybrid matahari berbasis arduino,” 2020, *journal.uin-suka.ac.id*. [Online]. Available: <https://journal.uin-suka.ac.id/pusat/integratedlab/article/download/080206/1720>
- [38] R. A. Nugroho and J. Sardi, “Otomatisasi Sistem Penerangan dan Penyejuk Ruangan Kantor,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 6–10, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.97.
- [39] F. Sugara, Karsid, and B. Khoerun, “Mesin Penetas Telur Bebek Otomatis Berbasis Arduino Uno,” *J. Rekayasa Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 50–56, 2023, doi: 10.31884/jre.v2i1.31.
- [40] A. Kiswantonono, E. N. Cahyono, and H. Hermawan, “Profil Otomatisasi Distribusi Sistem Tenaga Listrik Universitas Bhayangkara Surabaya,” *Pros. Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–24, 2022, doi: 10.24967/psn.v2i1.1450.
- [41] A. A. A. Asna Anugerah and A. Stefanie, “Inkubaktor Penetas Telur Otomatis Berbasis Fuzzy Logic Control,” 2023. doi: 10.30604/jti.v5i1.134.

- [42] N. Lutfiani, U. Rahardja, and I. S. P. Manik, "Peran Inkubator Bisnis dalam Membangun Startup pada Perguruan Tinggi," *J. Penelitian Ekon. dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 77–89, 2020, doi: 10.33633/jpeb.v5i1.2727.
- [43] R. Atma Ivory, N. Kholis, and F. Baskoro, "Review Penggunaan Sensor Suhu Terhadap Respon Pembacaan Skala Pada Inkubator Bayi," *J. Tek. Elektro.*, vol. 10, no. 1, pp. 185–194, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/37166>
- [44] O. R. Puspitarini, O. Melfazen, and I. Athia, "Pelatihan Teknologi Fermentasi Melalui Inkubator Guna Meningkatkan Keberhasilan Produksi Yoghurt," 2021, *academia.edu*. [Online]. Available: <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm/article/view/5305>
- [45] I. Sayekti, S. Audira, Y. W. Pradana, and ..., "PENERAPAN TEKNOLOGI PENETAS TELUR OTOMATIS DENGAN SISTEM PENDETEKSI KERUSAKAN ALAT BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Orbith Maj.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/5261>
- [46] R. R. K. Sinaga, A. Hanif, F. Kurniawan, S. Roni, D. Y. W. Laia, and J. R. Hidayati, "Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu Hijau (*Chelonia mydas*) dan Penyu Sisik (*Eretmochelys imbricata*) Di Pulau Mangkai Kepulauan Anambas," *J. Mar. Res.*, vol. 13, no. 1, pp. 92–99, 2024, doi: 10.14710/jmr.v13i1.38531.
- [47] A. C. B. Lubis, H. Satria, M. F. Alayubby, R. M. Putri, and ..., "Efisiensi perbandingan teknologi mesin inkubator penetas telur unggas otomatis menggunakan synchronous motor ac dengan sistem manual," ... *Penelit. LPPM UMJ*, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/10984>
- [48] C. Nainggolan, M. Matling, and N. S. Yusuf, "DERAJAT PENETASAN TELUR IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*) YANG DI INKUBASI PADA MEDIA AIR YANG BERBEDA," *J. Trop. Fish.*, vol. 18, no. 1, pp. 8–16, 2023, doi: 10.36873/jtf.v18i1.10703.
- [49] A. D. Dwipangara, F. L. N, and M. Zaenudin, "Perancangan Dan Pembuatan Alat Inkubator Berbasis Mikrokontroler," 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.unnur.ac.id/index.php/indept/article/view/374>
- [50] S. Supriyadi, A. Kurniaji, M. Syahrir, and ..., "Derajat Pembuaian dan Penetasan Telur, Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Ikan Kakap (*Lates calcarifer*)," *J.* ..., 2022, [Online]. Available: <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/salamata/article/view/11257>
- [51] S. Faradisa, P. Wanarti Rusimamto, K. Kunci, P. Suhu, I. Bayi, and K. P. Cohen-Coon, "Perancangan Kontroler Pi Dengan Metode Tuning Cohen-Coon Untuk Kendali Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Labview 2014," 2020, *ejournal.unesa.ac.id*. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/31127/28280>
- [52] M. Artiyasa, Waryani, D. Muhammad Taufik, and A. De Wibowo, "Sistem Penetasan Telur Berbasis Plc," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 45–53, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.64.
- [53] A. C. B. Lubis, H. Satria, M. F. Alayubby, R. M. Putri, and ..., "Efisiensi perbandingan teknologi mesin inkubator penetas telur unggas otomatis menggunakan synchronous motor ac dengan sistem manual," ... *Penelit. LPPM UMJ*, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/10984>
- [54] M. Salsabila, M. Halim, N. Tambun, D. Aurora, R. Lestari, and Nurmasiyah, "Alat Penetas Telur Sederhana," *GRAVITASI J. Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 17–23, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS/article/view/4896>
- [55] K. C. Rath, A. Khang, and D. Roy, "The Role of Internet of Things (IoT) Technology in Industry 4.0 Economy," *Adv. IoT Technol. Appl. Ind. 4.0 Digit. Econ.*, pp. 1–28, 2024, doi: 10.1201/9781003434269-1.
- [56] A. A. Syah, A. Asngadi, K. A. Dwiwijaya, and S. Kaseng, "Peran Inkubator Bisnis dalam Penguatan Sistem Operasional pada IKM 'SEKOTAK DARI DAPUR BU'SARHAN' di Kota Palu," *Akad. J. Mhs. Ekon. Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 1155–1167, 2024, doi: 10.37481/jmeb.v4i3.876.

Publisher's Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.