

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**ARMATUR**

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Perancangan Inkubator Telur Puyuh Otomatis Berbasis IoT dengan Sistem Pemantauan Jarak Jauh Menggunakan Spreadsheet****Alvin Ardiniansyah^{1*}, Reza Setiawan², Aa Santosa³, Bhisma Mahendra⁴**^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361*ARTICLE INFO**Keywords:**IoT**quail egg incubator**ESP32**DHT22**hatchability**ABSTRACT*

Conventional quail egg incubators generally rely on manual temperature and humidity regulation, which often leads to unstable incubation conditions and reduced hatchability. Maintaining a stable incubation environment is essential for supporting optimal embryonic development and improving hatching performance. Therefore, this study aims to develop and evaluate an Internet of Things (IoT)-based automatic quail egg incubator capable of performing real-time monitoring and automatic environmental control during the incubation process. An experimental comparative method was employed by comparing the performance of an IoT-based automatic incubator with a conventional incubator. Both incubators were tested using 30 quail eggs during an 18-day incubation period. The developed system integrates automatic temperature and humidity control with real-time monitoring through an internet-based platform. Monitoring data were transmitted via internet connection for real-time observation with spreadsheet. Each incubator was tested using 30 quail eggs during an incubation period of 18 days. The results showed that the IoT-based incubator maintained a more stable incubation environment, with temperature ranging from 37.2°C to 38.2°C and relative humidity between 60% and 68%, whereas the conventional incubator experienced wider temperature fluctuations ranging from 35.4°C to 40.0°C. The automatic incubator achieved a hatchability rate of 90% with an average hatch weight

*Corresponding author: 2210631150058@student.unsika.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11651>

Received 25 May 2026; Received in revised form 30 May 2026; Accepted 8 June 2026

Available online 1 September 2026

of 8.9 g, while the conventional incubator achieved a hatchability rate of 70% with an average hatch weight of 7.8 g. These findings indicate that improved thermal stability contributes to more favorable conditions for embryonic growth, resulting in higher hatchability and better hatchling quality. Based on the results, the IoT-based automatic incubator demonstrated better performance in maintaining incubation stability and improving hatchability efficiency compared to the conventional system. The implementation of IoT technology also enabled real-time monitoring and automatic control, making the incubation process more effective and efficient.

Pendahuluan

Budidaya burung puyuh menjadi salah satu sektor peternakan unggas yang terus berkembang karena memiliki nilai ekonomis tinggi serta masa produksi yang relatif cepat [1]. Telur puyuh banyak diminati masyarakat karena memiliki kandungan gizi yang baik dan harga yang terjangkau. Tingginya kebutuhan pasar terhadap telur puyuh menyebabkan peternak dituntut untuk meningkatkan produktivitas penetasan telur agar mampu memenuhi permintaan secara berkelanjutan. Berdasarkan data Asosiasi Peternak Puyuh Indonesia, permintaan telur puyuh di Indonesia pada tahun 2017 mencapai sekitar 728 juta kg dan diperkirakan terus meningkat seiring bertambahnya konsumsi masyarakat terhadap sumber protein hewani [2]. Keberhasilan proses penetasan telur sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan inkubasi, terutama kestabilan suhu, kelembaban, dan proses pembalikan telur selama masa pengeraman [3].

Pada proses penetasan secara konvensional, peternak masih banyak menggunakan metode manual dengan pengawasan langsung terhadap kondisi inkubator. Pengaturan suhu dan kelembaban pada inkubator konvensional umumnya masih dilakukan secara manual sehingga kestabilan termal ruang inkubasi sulit dipertahankan. Fluktuasi temperatur yang terjadi dapat menyebabkan distribusi panas di dalam ruang inkubator menjadi tidak

merata, sehingga mempengaruhi proses metabolisme dan perkembangan embrio telur puyuh. Suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat laju metabolisme embrio dan meningkatkan risiko kematian embrio, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan embrio serta memperlambat proses penetasan. Selain itu, proses pembalikan telur yang dilakukan secara manual berpotensi mengalami keterlambatan maupun ketidakteraturan, sehingga panas pada permukaan telur tidak terdistribusi secara optimal dan embrio berisiko menempel pada cangkang telur. Kondisi tersebut dapat menurunkan tingkat keberhasilan penetasan dan kualitas anak puyuh yang dihasilkan. [4,5].

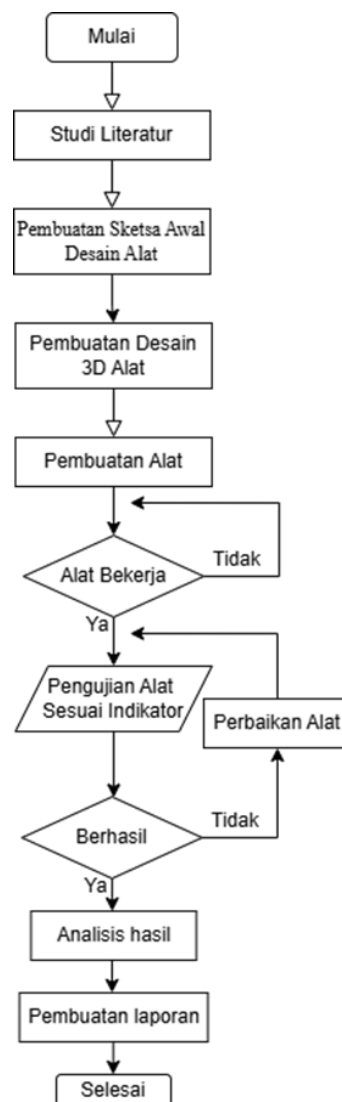
Suhu inkubasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi perkembangan embrio dan tingkat keberhasilan penetasan telur. Kondisi suhu yang optimal dapat menghasilkan daya tetas serta bobot tetas yang lebih baik. Selain suhu, ketersediaan oksigen (O_2) selama proses inkubasi juga menjadi faktor penting karena berperan dalam mendukung metabolisme dan pertumbuhan embrio di dalam telur [6]. Berdasarkan penelitian, rentang suhu ideal penetasan telur puyuh berada pada kisaran $37^{\circ}C-38^{\circ}C$ [7]. Fluktuasi temperatur yang melebihi batas optimal dapat menyebabkan distribusi panas di dalam ruang inkubator menjadi tidak merata, sehingga proses perpindahan kalor melalui kerabang telur menuju embrio berlangsung tidak stabil.

Kondisi tersebut dapat menghambat pertumbuhan organ embrio, menyebabkan penetasan tidak serempak, bahkan meningkatkan risiko kematian embrio sebelum menetas [8]. Selain itu, kelembaban yang terlalu rendah sekitar 43% RH dapat mempercepat laju penguapan cairan di dalam telur sehingga embrio mengalami dehidrasi, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi sekitar 63% RH dapat menghambat proses pertukaran gas dan perkembangan embrio selama masa inkubasi, sehingga disarankan kelembapan diatur pada kondisi optimal sekitar 53% RH [9]. Oleh karena itu, kestabilan suhu, kelembaban, dan distribusi panas di dalam ruang inkubator menjadi faktor penting dalam meningkatkan keberhasilan penetasan telur puyuh.

Pada penelitian ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) tidak hanya digunakan sebagai media komunikasi data, tetapi juga diterapkan sebagai sistem monitoring dan pengendalian kondisi termal inkubator secara *real-time* [10]. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubasi, kemudian data diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan lampu pemanas dan exhaust fan berdasarkan batas suhu yang telah ditentukan. Ketika suhu berada di bawah setpoint, sistem akan mengaktifkan lampu pemanas untuk meningkatkan temperatur ruang inkubator. Sebaliknya, apabila suhu atau kelembaban melebihi batas yang ditetapkan, *exhaust fan* akan aktif untuk membantu proses pelepasan panas dan menjaga sirkulasi udara di dalam ruang inkubasi [11]. Selain itu, data monitoring suhu dan kelembaban dikirim secara *real-time* melalui jaringan *WiFi* sehingga kondisi inkubator dapat dipantau dari jarak jauh tanpa pengamatan langsung. Implementasi sistem kontrol termal tersebut bertujuan menjaga kestabilan lingkungan inkubasi agar proses perkembangan embrio berlangsung secara optimal dan tingkat keberhasilan penetasan dapat meningkat [12].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun incubator telur puyuh otomatis berbasis IoT yang mampu melakukan pengontrolan suhu dan kelembaban secara otomatis serta menyediakan sistem monitoring jarak jauh secara *real-time*. Dengan adanya sistem ini diharapkan kestabilan kondisi inkubasi dapat terjaga sehingga mampu meningkatkan keberhasilan penetasan telur puyuh dan mempermudah proses pengoperasian bagi pengguna.

Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

a) Mulai

Tahap awal penelitian yang dilakukan untuk mempersiapkan proses

perancangan dan pembuatan incubator telur puyuh otomatis berbasis IoT.

b) Studi Literatur

Pengumpulan referensi dari jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem inkubator telur, sensor IoT, kontrol suhu, kelembaban, dan penetasan telur puyuh.

c) Pembuatan Sketsa Awal Desain Alat

Membuat rancangan awal bentuk dan tata letak komponen inkubator, seperti posisi sensor, lampu pemanas, kipas, rak telur, dan sistem kontrol.

d) Pembuatan Desain 3D Alat

Mengembangkan sketsa menjadi desain tiga dimensi menggunakan software desain untuk memvisualisasikan bentuk alat secara lebih detail sebelum proses pembuatan.

e) Pembuatan Alat

Tahap perakitan seluruh komponen mekanik dan elektronik sesuai desain yang telah dibuat, meliputi pemasangan rangka, sensor, ESP32, relay, kipas, lampu pemanas, dan sistem IoT.

f) Alat Bekerja

Tahap pengecekan awal untuk memastikan seluruh komponen dan sistem pada inkubator dapat berfungsi dengan baik sesuai perancangan.

g) Pengujian Alat Sesuai Indikator

Pengujian performa alat berdasarkan parameter penelitian, seperti kestabilan suhu, kelembaban, sistem monitoring IoT, serta kerja otomatis kipas dan lampu.

h) Perbaikan Alat

Dilakukan apabila hasil pengujian menunjukkan adanya kesalahan atau ketidaksesuaian pada sistem sehingga diperlukan perbaikan komponen maupun program.

i) Berhasil

Menunjukkan bahwa alat telah bekerja sesuai indikator dan tujuan penelitian yang ditetapkan.

j) Analisis Hasil

Tahap pengolahan dan analisis data hasil pengujian untuk mengetahui kinerja incubator telur puyuh otomatis berbasis IoT.

k) Pembuatan Laporan

Penyusunan hasil penelitian ke dalam bentuk jurnal atau laporan ilmiah secara sistematis.

l) Selesai

Tahap akhir penelitian setelah seluruh proses perancangan, pengujian, analisis, dan penyusunan laporan selesai dilakukan.

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen yang bersifat komparatif, bertujuan untuk membandingkan kinerja inkubator otomatis berbasis IoT dengan inkubator konvensional manual. Parameter penelitian pada sistem inkubator telur puyuh otomatis berbasis IoT meliputi suhu, kelembaban, interval pengambilan data, serta sistem pembalikan telur otomatis. Proses pengambilan data dilakukan selama masa inkubasi telur puyuh, yaitu 18 hari, dengan interval pengiriman data setiap 15 menit sekali selama 24 jam melalui *Google Spreadsheet* menggunakan koneksi *WiFi* pada ESP32. Data yang dikirim meliputi data kerja aktuator serta data suhu dan kelembaban ruang inkubator secara *real-time*.

Sistem kontrol suhu dirancang menggunakan setpoint temperatur sebesar 38°C sebagai batas maksimum pemanasan. Lampu pemanas akan bekerja secara otomatis ketika suhu berada di bawah nilai setpoint. Adapun batas toleransi suhu ditetapkan pada 37.8°C yang ditampilkan melalui *LCD monitoring*. Ketika suhu mencapai batas tersebut, sistem akan mematikan lampu pemanas dan secara otomatis mengaktifkan *exhaust fan* untuk membantu menurunkan suhu dan menjaga kestabilan termal ruang inkubasi.

Selain itu, sistem pembalikan telur dilakukan menggunakan motor servo otomatis selama proses inkubasi berlangsung. Pembalikan telur bertujuan menjaga pemerataan panas pada permukaan telur dan mencegah embrio menempel pada kerabang telur. Proses pembalikan dilakukan secara berkala setiap 3 kali dalam sehari hingga mendekati masa penetasan telur puyuh. Fokus evaluasi meliputi kestabilan suhu dan kelembaban selama

2. ESP 32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama untuk memproses data sensor serta mengendalikan komponen seperti lampu pemanas, kipas, dan motor servo. ESP32 juga mendukung koneksi WiFi sehingga data monitoring dapat dikirim melalui internet secara real-time [11].

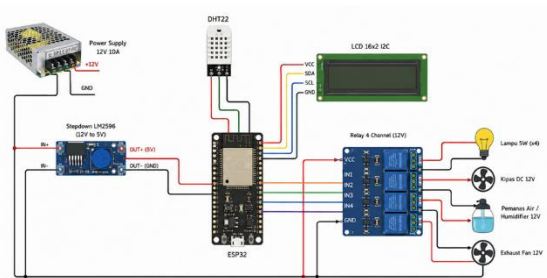
3. Jika suhu terlalu rendah, relay akan mengaktifkan lampu pemanas.
4. Jika suhu atau kelembaban terlalu tinggi, lampu akan dimatikan dan exhaust fan akan menyala otomatis.
5. Motor servo memutar telur secara berkala selama masa inkubasi.
6. Data monitoring ditampilkan pada LCD dan dikirim ke *Google Spreadsheet* melalui koneksi internet.
7. Sistem bekerja terus menerus secara otomatis selama proses penetasan berlangsung.

Tabel 2. Komponen yang digunakan

No	Komponen	Jumlah
1	ESP 32	2 Buah
2	Sensor DHT22	1 Buah
3	Motor Servo	2 Buah
4	Relay 4 Channel	1 Buah
5	Kipas DC 12V	1 Buah
6	Lampu Pijar 5 Watt	4 Buah
7	Stepdown LM2596	2 Buah
8	LCD I2C	1 Buah
9	Kabel <i>Jumper</i>	Secukupnya
10	Power Supply 10A 12V	1 Buah

C. Badan Inkubator

Badan inkubator dibuat menggunakan kayu triplek dan rangka besi *hollow* agar konstruksi lebih kokoh dan stabil. Bagian dalam inkubator dilapisi *gypsum* untuk membantu menjaga suhu tetap stabil, sedangkan bagian luar dilapisi *aluminium foil* guna mengurangi kehilangan panas melalui radiasi kalor [13,14]. Kombinasi material tersebut diharapkan mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses penetasan telur puyuh [15].



Gambar 5. Skematik Alat



Gambar 6. Badan Inkubator

B. Alur Kerja Sistem

1. Sensor DHT22 membaca suhu dan kelembaban ruang inkubator.
2. Data sensor dikirim ke ESP32 untuk diproses.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian selama 18 hari, inkubator otomatis berbasis IoT mampu mempertahankan suhu pada rentang 37,2°C–38,2°C, sedangkan inkubator konvensional mengalami fluktuasi suhu yang lebih besar yaitu 35,4°C–40,0°C.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa sistem inkubator otomatis memiliki kestabilan termal yang lebih baik dibandingkan inkubator konvensional. Kestabilan suhu pada inkubator otomatis dipengaruhi oleh mekanisme kontrol temperatur yang mampu mempertahankan suhu di sekitar setpoint sehingga penyimpangan suhu dapat diminimalkan. Selain itu, penggunaan rak telur yang berputar dengan motor servo dan material isolator pada dinding inkubator membantu menghasilkan distribusi panas yang lebih merata di dalam ruang inkubasi.

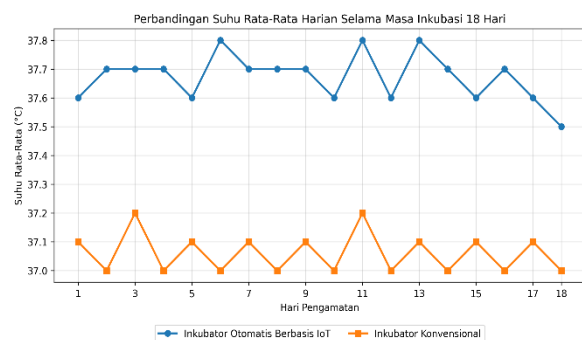
Distribusi panas yang merata menyebabkan proses perpindahan kalor menuju telur berlangsung lebih stabil sehingga embrio memperoleh lingkungan inkubasi yang relatif konstan selama masa perkembangan [16]. Sebaliknya, pada inkubator konvensional terjadi variasi suhu yang cukup besar akibat distribusi panas yang tidak merata dan pengaruh suhu lingkungan sekitar. Fluktuasi tersebut dapat menyebabkan sebagian telur menerima panas berlebih, sedangkan telur lainnya menerima panas yang lebih rendah sehingga perkembangan embrio menjadi tidak seragam. Sistem ventilasi berupa exhaust fan pada inkubator otomatis juga berperan dalam menjaga kestabilan termal dengan membantu sirkulasi udara dan mengurangi akumulasi panas berlebih di dalam ruang inkubasi. Aliran udara yang dihasilkan membantu mencegah terbentuknya daerah bersuhu tinggi (hot spot) maupun daerah bersuhu rendah (cold spot) sehingga temperatur ruang inkubasi menjadi lebih homogen.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Romao dkk. (2009) yang menyatakan bahwa suhu inkubasi optimal untuk telur puyuh berada pada kisaran 37°C–38°C. Suhu yang berada di luar rentang tersebut dapat menurunkan daya tetas dan bobot tetas karena perkembangan embrio tidak berlangsung secara optimal. Selain itu, Meijerhof menyatakan bahwa

suhu inkubasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi perkembangan embrio dan keberhasilan penetasan sehingga kestabilan suhu menjadi parameter penting dalam sistem inkubator. Dengan kondisi termal yang lebih stabil, inkubator otomatis pada penelitian ini mampu menghasilkan daya tetas sebesar 90%, lebih tinggi dibandingkan inkubator konvensional yang hanya mencapai 70%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kestabilan temperatur, distribusi panas yang merata, dan sirkulasi udara yang baik memiliki pengaruh langsung terhadap keberhasilan perkembangan embrio hingga proses penetasan berlangsung.

Tabel 3. Perbandingan Suhu

Parameter	Inkubator Otomatis Berbasis IoT	Inkubator Konvensional
Rentang Suhu Minimum	37.2°C – 37.4°C	35.4°C – 35.9°C
Rentang Suhu Maksimum	37.9°C – 38.2°C	39.4°C – 40.0°C
Suhu Rata-rata	37.5°C – 37.8°C	37.0°C – 37.2°C



Data suhu direkam setiap 15 menit dan dirata-ratakan per hari

Gambar 7. Grafik Perbandingan Suhu Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian, inkubator otomatis berbasis IoT menunjukkan tingkat daya tetas yang lebih tinggi dibandingkan inkubator konvensional. Dari 30 butir telur yang diuji, inkubator otomatis berhasil menetas 27 butir telur dengan persentase daya tetas sebesar 90%, sedangkan inkubator konvensional hanya menghasilkan daya

tetas sebesar 70%. Hasil ini diperoleh dengan rumus [7] :

$$\eta_{penetasan} = \frac{\Sigma_{menetas}}{\Sigma_{total\ sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

$\eta_{penetasan}$: Efisiensi penetasan (%)

$\Sigma_{menetas}$: Jumlah telur yang menetas

$\Sigma_{total\ sampel}$: Jumlah sampel telur

Tingginya daya tetas pada inkubator otomatis menunjukkan bahwa kestabilan suhu dan kelembaban selama masa inkubasi berpengaruh langsung terhadap perkembangan embrio telur puyuh. Kondisi suhu yang berada pada rentang optimal memungkinkan proses metabolisme embrio berlangsung secara normal sehingga pembentukan organ, pertumbuhan jaringan, dan penyerapan nutrisi dari kuning telur dapat terjadi secara optimal. Sebaliknya, fluktuasi suhu yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat menyebabkan gangguan perkembangan embrio, meningkatkan konsumsi energi embrio untuk proses adaptasi, serta memperbesar risiko kematian embrio selama masa inkubasi.

Penelitian ini menggunakan sensor DHT22 yang dikalibrasi menggunakan alat thermometer manual dan higrometer analog sebagai alat ukur suhu dan kelembaban menggunakan rumus :

$$Error\ (\%) = \frac{(T_{thermometer} - T_{sensor})}{T_{thermometer}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$T_{thermometer}$: Suhu pada alat thermometer manual

T_{sensor} : Suhu pada sensor DHT22

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki error pengukuran suhu sebesar 0,50% dan kelembaban sebesar 1%. Nilai tersebut masih berada dalam rentang akurasi sensor DHT22 yang memiliki spesifikasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2-5\%$ RH untuk kelembaban sehingga sensor dinilai layak

digunakan pada sistem inkubator telur puyuh.

Tabel 4. Perbandingan Daya Tetas dan Bobot Tetas

Informasi	Incubator IoT	Inkubator konvensional
Jumlah Telur	30	30
Jumlah menetas	27	21
Gagal menetas	3	9
Daya tetas (%)	90	70
Kegagalan (%)	10	30
Bobot tetas (g)	8,9	7,8

Selain daya tetas, rata-rata bobot tetas anak puyuh pada inkubator otomatis juga lebih tinggi yaitu 8.9 gram dibandingkan inkubator konvensional sebesar 7.8 gram. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi inkubasi yang stabil berpengaruh terhadap pertumbuhan embrio selama proses penetasan.

Pada inkubator konvensional, fluktuasi suhu yang cukup tinggi menyebabkan perkembangan embrio kurang optimal sehingga beberapa telur gagal menetas dan bobot tetas anak puyuh menjadi lebih rendah. Ketidakstabilan suhu juga menyebabkan kondisi anak puyuh yang dihasilkan kurang seragam dibandingkan inkubator otomatis berbasis IoT.

Berdasarkan hasil monitoring selama 18 hari masa inkubasi, sensor DHT22 mampu membaca suhu dan kelembaban ruang inkubator secara stabil. Suhu rata-rata berada pada rentang 37.5°C – 37.8°C , sedangkan kelembaban berkisar antara 60%–68%. Kondisi tersebut masih berada pada rentang ideal proses penetasan telur puyuh sehingga perkembangan embrio dapat berlangsung dengan baik [17].

Lampu pemanas bekerja secara otomatis untuk menjaga suhu tetap stabil di dalam ruang inkubasi. Exhaust fan akan aktif ketika suhu mengalami peningkatan

melebihi batas yang telah ditentukan sehingga suhu dapat kembali normal. Sistem ini menunjukkan bahwa kontrol otomatis berbasis ESP32 mampu menjaga kestabilan kondisi inkubator secara optimal.

Motor servo pemutar telur bekerja aktif selama hari ke-1 hingga hari ke-16 untuk membantu pemerataan panas dan mencegah embrio menempel pada cangkang telur. Pada hari ke-17 hingga hari ke-18, motor servo dinonaktifkan karena telur memasuki fase akhir penetasan. Selain itu, pembalikan telur membantu pemerataan distribusi nutrisi dan posisi embrio selama masa perkembangan sehingga pertumbuhan embrio dapat berlangsung secara optimal.



Gambar 8. Pemantauan pada pertumbuhan embrio

Selama proses inkubasi, telur yang tidak dibalik secara berkala berpotensi mengalami ketidakseimbangan distribusi panas akibat salah satu sisi telur menerima panas lebih besar dibandingkan sisi lainnya. Kondisi tersebut dapat menyebabkan perkembangan embrio menjadi tidak normal dan meningkatkan risiko kematian embrio. Dengan adanya sistem pemutar telur otomatis, distribusi panas di dalam telur menjadi lebih merata sehingga lingkungan perkembangan embrio tetap stabil selama masa inkubasi.

Pada penelitian ini, pembalikan telur dilakukan secara otomatis hingga hari ke-16, kemudian dihentikan pada hari ke-17 hingga hari ke-18 karena telur memasuki fase akhir penetasan (*hatching period*). Pada fase tersebut embrio mulai memposisikan diri untuk memecahkan cangkang sehingga

pembalikan telur tidak lagi diperlukan [18]. Penghentian pembalikan telur pada fase akhir penetasan bertujuan mengurangi gangguan terhadap posisi embrio dan meningkatkan keberhasilan proses penetasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kestabilan suhu, kelembaban, dan pembalikan telur otomatis berkontribusi terhadap daya tetas sebesar 90%, lebih tinggi dibandingkan inkubator konvensional yang menggunakan pembalikan telur secara manual.

Selain itu, sistem monitoring berbasis IoT menunjukkan kondisi “terhubung” selama masa pengujian. Hal ini menandakan bahwa ESP32 mampu mengirimkan data monitoring suhu dan kelembaban secara *real-time* melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi inkubator dari jarak jauh [19].

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor dan Aktuator

Parameter	Hasil Pengujian
Rentang Suhu	37.5°C – 37.8°C
Rentang Kelembaban	60% – 68%
Status Lampu	Aktif dan menyala otomatis
Status Exhaust Fan	Aktif saat suhu meningkat
Status Servo	Aktif hari 1–16
Stabilitas Sistem	Stabil

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa inkubator telur puyuh otomatis berbasis IoT mampu bekerja dengan baik dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses inkubasi berlangsung. Sistem kontrol otomatis menggunakan sensor DHT22 dan mikrokontroler ESP32 berhasil mempertahankan suhu pada rentang 37.2°C–38.2°C serta kelembaban sebesar 60%–68%, sehingga kondisi inkubasi tetap berada pada batas ideal penetasan telur puyuh.

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada inkubator telur puyuh mampu meningkatkan efektivitas pengendalian kondisi inkubasi melalui sistem monitoring dan kontrol otomatis. Sistem yang dikembangkan berhasil menciptakan lingkungan inkubasi yang lebih stabil sehingga mendukung perkembangan embrio secara optimal dan meningkatkan keberhasilan penetasan dibandingkan metode konvensional. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring berbasis internet berpotensi menjadi solusi yang praktis dan efisien dalam pengembangan teknologi penetasan telur puyuh modern.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa inkubator otomatis berbasis IoT memiliki performa yang lebih baik dibandingkan inkubator konvensional. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan inkubator telur puyuh berbasis IoT yang mengintegrasikan sistem monitoring *real-time*, kontrol suhu otomatis, ventilasi adaptif, dan pembalikan telur otomatis untuk menjaga kestabilan termal selama proses inkubasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sistem tersebut mampu mengurangi fluktuasi suhu ruang inkubasi, meningkatkan efisiensi pengendalian lingkungan penetasan, serta mendukung perkembangan embrio secara lebih optimal dibandingkan metode konvensional. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT berpotensi meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem penetasan telur puyuh pada skala peternakan maupun penelitian. Inkubator otomatis menghasilkan daya tetas sebesar 90% dengan rata-rata bobot tetas 8.9 gram, sedangkan inkubator konvensional hanya menghasilkan daya tetas sebesar 70% dengan bobot tetas rata-rata 7.8 gram. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kestabilan suhu dan kelembaban sangat berpengaruh terhadap perkembangan embrio dan keberhasilan penetasan telur puyuh.

Sistem monitoring berbasis IoT juga mampu melakukan pemantauan kondisi inkubator secara *real-time* melalui jaringan internet sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengawasan tanpa harus memantau secara langsung. Selain itu, penggunaan material isolator berupa *gypsum* dan *aluminium foil* membantu mengurangi kehilangan panas sehingga suhu di dalam inkubator menjadi lebih stabil.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada inkubator telur puyuh dapat meningkatkan efisiensi penetasan, menjaga kestabilan kondisi inkubasi, serta mempermudah proses monitoring dan pengendalian sistem secara otomatis.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ing. Reza Setiawan, M.T. dan Bapak Aa Santosa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta dukungan selama proses perancangan alat dan penyusunan laporan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Bhisma Mahendra, S.Si., selaku dosen pengampu mata kuliah Mekatronika yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pemahaman terkait penerapan sistem mekatronika pada proyek inkubator telur puyuh otomatis berbasis IoT.

Selain itu, penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh rekan tim yang telah berkontribusi dan bekerja sama dengan baik dalam proses penelitian, mulai dari tahap perancangan, perakitan alat, pengujian sistem, pengambilan data, hingga penyusunan laporan akhir. Kerja sama dan komunikasi yang baik menjadi salah satu faktor penting dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi dalam pengembangan teknologi otomatisasi dan *Internet of Things* (IoT), khususnya pada

bidang peternakan unggas dan sistem inkubator telur otomatis.

Referensi

- [1] S. Adi, A. A. Kunto, T. Suheta, and S. Muharom, "Pengaturan Tingkat Suhu Dan Kelembaban Pada Mesin Penetas Telur Burung Puyuh," *Semin. Nas. Fortei7-2 Forum Pendidik. Tinggi Tek. Elektro Indones. Reg. VII*, vol. 2, no. 1, pp. 459–463, 2019, [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/483>
- [2] G. E. R. Putra, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Telur Puyuh Di Kabupaten Banyuwangi," *Sist. Inf. Polije Repos. Asset*, pp. 1–5, 2022, [Online]. Available: <https://sipora.polije.ac.id/id/eprint/3697>
- [3] J. Coronel-reyes, I. Ramirez-morales, E. Fernandez-blanco, A. Pazos, and E. Oro, "Determination of egg storage time at room temperature using a low-cost NIR spectrometer and machine learning techniques.," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 145, pp. 1–10, 2020, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.13185>.
- [4] R. A. Sukma, L. J. Lambey, and F. J. Nangoy, "Studi kasus kualitas fisik dan daya tetas telur burung puyuh (*coturnix-coturnix japonica*) yang dikirim melalui jasa pengiriman," *Zootec*, vol. 45, no. 1, pp. 74–81, 2025, doi: <https://doi.org/10.35792/zot.45.1.2025.55306>.
- [5] T. S. Sollu, S. Asali, J. Teknik, E. Fakultas, T. Universitas, and I. Pendahuluan, "Perancangan sistem penetas telur ayam berbasis sms gateway," *J. Infotronik*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: [10.32897/infotronik.2021.6.2.629](https://doi.org/10.32897/infotronik.2021.6.2.629).
- [6] K. S. Masia, P. A. Idowu, K. A. Nephawe, J. N. Ngcobo, M. C. Modiba, and T. J. Mpfu, "Effect of incubation temperature on hatchability , chick quality and post-hatch performance – Review," *Polish Soc. Anim. Prod.*, vol. 21, no. 4, pp. 59–87, 2025, doi: [10.5604/01.3001.0055.2705](https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.2705).
- [7] J. Neonnub, L. Adriani, and I. Setiawan, "Pengaruh Level Suhu Mesin Tetas Terhadap Daya Tetas dan Bobot Tetas Telur Puyuh Padjadjaran," *J. Ilmu Ternak Univ. Padjadjaran*, vol. 19, no. 2, p. 1, 2020, doi: [10.24198/jit.v19i2.23605](https://doi.org/10.24198/jit.v19i2.23605).
- [8] H.B. Çiftci, "The effect of temperature and humidity index on egg-laying and hatching parameters in Japanese quail," *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 105, pp. 1–6, 2025, doi: <https://doi.org/10.1139/cjas-2024-0084>.
- [9] C. M. Maatjens, B. Engel, C. W. Van Der Pol, B. Kemp, and H. Van Den Brand, "Temperature during the last week of incubation . I . Effects on hatching pattern and broiler chicken embryonic organ development," *Poult. Sci.*, vol. 95, no. 4, pp. 956–965, 2016, doi: [10.3382/ps/pev447](https://doi.org/10.3382/ps/pev447).
- [10] F. Peprah, S. Gyamfi, M. Amo-boateng, E. Buadi, and M. Obeng, "Design and construction of smart solar powered egg incubator based on GSM / IoT," *Sci. African*, vol. 17, p. e01326, 2022, doi: [10.1016/j.sciaf.2022.e01326](https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01326).
- [11] U. P. Rahayu and Styawati, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Inkubator Telur Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Sensor Dht22 Dan Mikrokontroler Esp-32," *J. Pendidik.*

- dan Teknol. Indones.*, vol. 5, no. 7, pp. 2117–2129, 2025, doi: <https://doi.org/10.52436/1.jpti.907>.
- [12] W. Wendanto, O. B. Prasetyo, and D. R. Praweda, “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: <https://doi.org/10.36309/goi.v27i2.154>.
- [13] N. Simões, R. Fino, and A. Tadeu, “Uncoated medium density expanded cork boards for building façades and roofs: Mechanical, hygrothermal and durability characterization,” vol. 200, pp. 447–464, 2019, doi: [10.1016/j.conbuildmat.2018.12.116](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.116).
- [14] A. V Ryzhenkov, S. I. Pogorelov, N. A. Loginova, A. F. Mednikov, and A. B. Tkhabisimov, “Radiant heat transfer reduction methods in heat insulation of power equipment,” *WIT Trans. Eng. Sci.*, vol. 106, no. Ht, pp. 107–114, 2016, doi: [10.2495/HT160111](https://doi.org/10.2495/HT160111).
- [15] V. Muharom and B. A. B. Pendahuluan, “Pengaruh Sifat Konduktivitas Termal Material Isolator (Kayu, Karet Dan Styrofoam) Terhadap Perpindahan Panas Dan Daya Keluaran Sistem Generator Thermoelectric,” *Met. J. Manufaktur, Energi, Mater. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–15, 2022, doi: <https://doi.org/10.22236/metalik.v1i1.8464>.
- [16] K. S. Masia *et al.*, “Effect of High Incubation Temperature on Embryo Livability, Mortality, Hatchability, and Chick Quality in Commercial Layers,” *Am. J. Anim. Vet. Sci. Orig.*, vol. 19, no. 4, pp. 393–403, 2024, doi: [10.3844/ajavsp.2024.393.403](https://doi.org/10.3844/ajavsp.2024.393.403).
- [17] D. Gede, I. Dwi, P. Studi, and S. Komputer, “Implementasi Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu Kelembaban Ruang Budidaya Jamur Berbasis IoT,” *J. Sist. Inf. dan Komput. Terap. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–89, 2021, doi: <https://doi.org/10.33173/jsikti.127>.
- [18] G. S. Oliveira, J. C. Rodrigues, and S. T. Nascimento, “Effects of different egg turning frequencies on incubation efficiency parameters,” vol. 99, no. 9, pp. 4417–4420, 2020, doi: [10.1016/j.psj.2020.05.045](https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.045).
- [19] I. A. Renaldy, R. Hidayati, and K. Sari, “Implementasi Sistem Internet of Things (IoT) Berbasis Energi Terbarukan Untuk Deteksi Kebakaran,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 3, pp. 468–479, 2025, doi: <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v14i3.102871> Implementasi.