

# PENERAPAN TEKNOLOGI PENETAS TELUR OTOMATIS DENGAN SISTEM PENDETEKSI KERUSAKAN ALAT BERBASIS INTERNET OF THINGS

Oleh: Ilham Sayekti<sup>1</sup>, Sonia Audira<sup>2</sup>, Yohan Wahyu Pradana<sup>3</sup>, Khaerul Umam<sup>4</sup>, Raffif Naufal Nugroho<sup>7</sup>, Mela Wulan Dari<sup>6</sup>  
Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50275  
Email: [soniaaudira20@gmail.com](mailto:soniaaudira20@gmail.com)

## Abstrak

Perkembangan teknologi yang sangat pesat sangat berpengaruh pada aspek kehidupan, termasuk di bidang peternakan. Adanya kemajuan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan laju dan efektivitas produksi bidang peternakan utamanya dalam pembibitan ayam atau penetasan telur ayam. Dimana selama ini dirasa masih kurang karena teknologi yang digunakan memakai sistem on/off dan monitoring secara manual sehingga menghambat laju dan presentase peningkatan produksi penetasan telur yang berhasil menetas. Maka dalam penelitian ini menjelaskan pengembangan penetas telur otomatis yang menggunakan sistem pengontrolan Proportional Integral Derivatif (PID) dengan parameter hypertuning dan monitoring serta sistem proteksi berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat meningkatkan efisiensi produksi. Kontrol PID digunakan untuk mengatur suhu inkubator penetas telur agar stabil sesuai set point suhu yang ditentukan dimana hal ini merupakan salah satu poin penting dalam penetasan telur. Sistem IoT yang digunakan terkoneksi dengan smartphone sehingga memudahkan dalam proses monitoring inkubator penetas telur. Selain itu alat ini juga dilengkapi dengan alat pendeteksi kerusakan, dimana pada saat arus pada alat inkubator tidak mengalir maka system akan memberikan notifikasi pada smartphone agar bisa diketahui oleh penggunanya.

**Kata kunci :** Inkubator Telur, Kontrol PID, Sensor, IoT

## Abstract

The rapid development of technology has had a huge impact on aspects of life, including in the field of animal husbandry. It is hoped that this technological progress can increase the rate and effectiveness of production in the livestock sector, especially in breeding chickens or hatching chicken eggs. Where so far it has been felt that it is still lacking because the technology used uses an on/off system and manual monitoring, thus hampering the rate and percentage increase in production of hatching eggs that hatch successfully. So this research explains the development of an automatic egg incubator that uses a Proportional Integral Derivative (PID) control system with hypertuning and monitoring parameters as well as an Internet of Things (IoT) based protection system that can increase production efficiency. PID control is used to regulate the temperature of the egg hatching incubator so that it is stable according to the specified temperature set point, which is one of the important points in egg hatching. The IoT system used is connected to a smartphone, making it easier to monitor the egg hatching incubator. Apart from that, this tool is also equipped with a damage detection tool, where when the current in the incubator does not flow, the system will provide a notification on the smartphone so that the user can find out.

**Keywords :** Egg incubator, PID Control, Sensor, IoT

## 1. Pendahuluan

Teknologi IoT telah merevolusi sektor-sektor seperti peternakan, termasuk inkubasi telur. Ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan kontrol perangkat melalui

konektivitas internet (Prabowo et al., 2020).

Dalam hal inkubasi telur, proses implantasi telur memerlukan suhu konstan antara 37 dan 39°C (Eze Aru, 2017; Boleli et al., 2017).

Penyimpangan dari kisaran suhu ini dapat mengakibatkan perkembangan embrio tidak normal, yang berpotensi menyebabkan cacat pada anak ayam yang menetas. Demikian pula, menjaga tingkat kelembapan yang sesuai, yang ditentukan oleh durasi inkubasi, sangatlah penting. Teknik lain melibatkan reposisi telur secara berkala. Oleh karena itu, ketiga elemen ini berpengaruh signifikan terhadap proses inkubasi. (Sanjaya et al., 2018).

### **1.1. Tinjauan Pustaka**

Inkubator merupakan suatu alat yang dapat mengontrol suhu dan kelembapan untuk proses bertelur. Dengan menggunakan inkubator, peternak tidak perlu menetas telur secara manual dengan membiarkan ayam betina hinggap di atasnya. Oleh karena itu, inkubator dapat membantu peternak menetas telur dalam jumlah banyak hingga menghasilkan ayam dalam jumlah banyak (Lestari et al., 2020; Bari et al., 2021).

Sistem berbasis mikrokontroler memungkinkan kontrol suhu, kelembapan, ventilasi, dan rotasi kain secara presisi. Diharapkan lebih hemat biaya dibandingkan kompetitor. (Kabir dan Abedin, 2018; Islam et al., 2019; Kutsira et al., 2019).

Kemajuan baru adalah sistem inkubator yang cerdas dan lengkap. Ini mengintegrasikan fitur-fitur seperti layar LCD, motor stepper untuk rotasi, sensor akurat, GSM untuk peringatan, dan sistem restart tanpa mengatur ulang. (Szolga dan Bondric, 2020; Azahar et al., 2020; Chitra et al., 2023).

Poster tersebut memaparkan pengembangan aplikasi seluler berbasis IoT menggunakan Android Things dan MIT App Inventor untuk mengumpulkan data dari sensor yang terhubung (Nawaz et al., 2021).

Studi ini membandingkan metode

desain inkubator terkini, yang mengungkap kesenjangan dalam pengendalian dan pemantauan jarak jauh berbasis IoT. Fitur seperti ini sangat penting untuk meningkatkan ketersediaan, produktivitas, dan meminimalkan kerugian akibat potensi kerusakan. (Petkov et al., 2022). Sistem inkubasi pintar dirancang untuk mengintegrasikan teknologi IoT dengan smartphone, sehingga meningkatkan kenyamanan pengguna dalam pemantauan dan kinerja sistem (Supriyo et al., 2018).

Pengontrol PID dipilih menggunakan campuran umpan balik Relay dan metode Ziegler-Nichols. Produk ini unggul dengan kesalahan kondisi stabil sekitar  $0,2^{\circ}\text{C}$ , hasil yang konsisten, dan tidak ada penurunan kualitas, setelah penilaian kinerja pada suhu berbeda. (Huba et al., 2021).

Pada penelitian kali ini penulis merancang mesin penetas telur berbasis IoT dengan pengaturan suhu dan kelembapan. Inkubator memiliki sensor untuk memantau parameter ini. Kami juga telah memasang sistem pemantauan daya untuk memastikan integritas inkubator yang dikontrol suhu menggunakan sistem kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative). Sistem ini terintegrasi dengan Firebase dan dapat dipantau melalui aplikasi Android.

Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan mesin penetas telur yang mengintegrasikan arsitektur IoT untuk mengontrol dan memantau tingkat suhu dan kelembapan. Inkubator memiliki sensor suhu dan kelembapan yang terhubung dengan mikrokontroler atau modul IoT.

Selain itu, penulis mengembangkan sistem pemantauan Arus untuk menjamin keandalan sistem inkubasi telur. Sistem ini memantau konsumsi daya inkubator dan memberikan

peringatan jika terjadi penurunan daya yang tidak normal. Hal ini membantu mencegah kerusakan pada inkubator dan menjaga kestabilan inkubator.

Untuk pengendalian suhu yang akurat, penulis menggunakan sistem kendali PID (proportional-integral-derivative). Sistem ini secara otomatis mengatur pemanasan atau pendinginan di dalam inkubator berdasarkan perbedaan suhu yang terdeteksi oleh sensor. Kontrol PID memastikan suhu di dalam inkubator dijaga dengan baik untuk perkembangan embrio yang baik.

Semua data suhu, kelembapan, dan energi yang dikumpulkan oleh inkubator dikirim ke platform Firebase. Firebase menyediakan infrastruktur cloud untuk menyimpan dan mengelola data ini. Selain itu, penulis membuat aplikasi Android yang terhubung ke Firebase. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau suhu, kelembapan, dan daya inkubator langsung dari perangkat seluler mereka. Alat yang terintegrasi dan mudah digunakan ini membantu petani mengelola proses pembibitan dengan mudah dan efisien.

## 2. Metode dan Detail Eksperimental

Dalam metode penelitian dan rincian percobaannya, dibangun mesin penetas telur menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan pengatur suhu PID. Ini menggabungkan sensor seperti DHT21 untuk suhu dan kelembapan, sensor arus, suhu PTC, motor AC, pengatur waktu Omron, dan Firebase untuk konektivitas IoT. Bagian ini mencakup arsitektur IoT, diagram sistem, desain perangkat keras, kontrol PID, aplikasi web, dan model inkubator. Bersamaan, elemen-elemen ini menciptakan inkubator telur yang andal dan efisien untuk pengembangan telur yang optimal, meningkatkan pemantauan dan pengendalian bagi operator.

### 2.1. Arsitektur *Internet of Things*



Gambar 1 Arsitektur *Internet of Things* – Ikhtisar

#### a) Perangkat

ESP32 adalah mikrokontroler WiFi. Ia terhubung ke WiFi, membaca data sensor (misalnya suhu, kelembapan), dan mengirimkannya ke Firebase melalui HTTP/WebSocket menggunakan Firebase API. Ini dikenal sebagai "Node".

#### b) Konektivitas

Teknologi WiFi di IoT bertindak sebagai simpul konektivitas yang memfasilitasi kelancaran komunikasi antara perangkat dan server. Dengan menggunakan WiFi, perangkat IoT dapat terhubung secara nirkabel ke server, memungkinkan transmisi data dua arah yang efisien.

#### c) Platform Awan

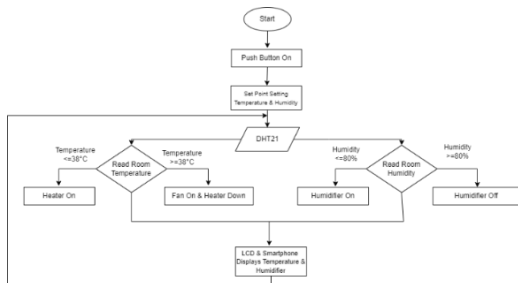
Penyiapan Firebase aplikasi menerima dan menyimpan data real-time dari ESP32 di database-nya. Database real-time Firebase menyinkronkan perangkat IoT dan server dengan lancar. ESP32 mengirimkan data ke Firebase melalui API-nya, menggunakan HTTP atau WebSocket. Integrasi ini memberdayakan sistem IoT untuk pengelolaan data yang efisien, memungkinkan pemantauan dan kontrol perangkat yang efektif.

#### d) Antarmuka Aplikasi Pengguna

Aplikasi Kodular sangat penting untuk inkubasi telur IoT. Ini terhubung ke ESP32 dan Firebase, berbagi data real-time. Pengguna melacak suhu, kelembapan, dan kemajuan melalui grafik dan peringatan. Aplikasi

mengontrol pengaturan dan memberi tahu kelainan.

## 2.2. Diagram Alir Sistem Penetas Telur.



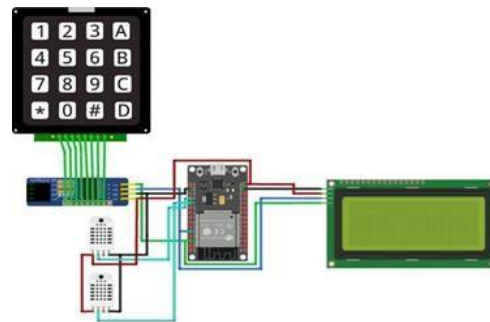
Gambar 2 Diagram Alir Sistem Penetas Telur

Diagram alir sistem penetas telur dimulai dari keadaan awal. Setelah menekan tombol untuk menyalakannya, perangkat akan menyala. Setpoint suhu dan kelembaban kemudian diatur sesuai dengan kondisi ruang inkubator yang diinginkan. Sensor DHT21 mendeteksi suhu dan kelembaban di dalam ruangan. Jika suhu ruangan kurang dari atau sama dengan  $38^{\circ}\text{C}$ , pemanas akan menyala. Jika suhu ruangan melebihi  $38^{\circ}\text{C}$ , kipas angin akan menyala dan heater bekerja untuk menurunkan suhu ruangan inkubator. Demikian pula untuk pengendalian kelembaban, jika kelembaban ruangan kurang dari atau sama dengan 80%, maka pelembab udara akan diaktifkan untuk meningkatkan kelembaban. Jika kelembaban ruangan melebihi 80%, pelembab udara akan mati. Data suhu dan kelembaban yang terdeteksi ditampilkan pada layar LCD dan juga dapat dibaca di smartphone.

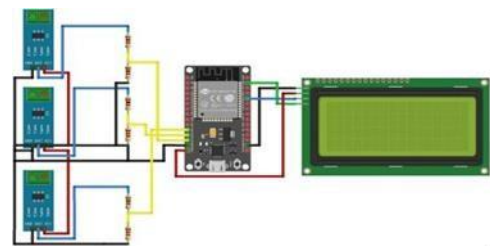
## 2.3. Perancangan Model Sistem Perangkat Keras

Pada penelitian ini, sensor arus digunakan untuk mengukur atau mendeteksi arus listrik yang mengalir melalui suatu rangkaian atau perangkat. Akan ada 3 sensor arus, dan masing-

masing pin-out sensor akan dihubungkan ke pin D12, D13, dan D14 dari ESP32. Setiap pin-out sensor arus akan menyertakan rangkaian pembagi tegangan karena ESP32 hanya dapat menerima input hingga 3,3V, sedangkan sinyal output dari sensor arus adalah 5V.



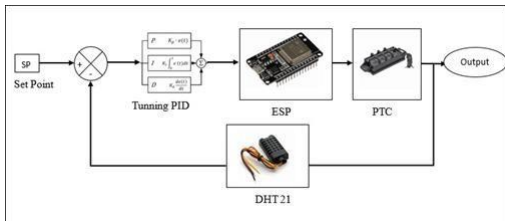
Gambar 3 (a) Desain perangkat keras sensor Suhu & Kelembaban



Gambar 3 (b) Desain perangkat keras sensor arus

Selain itu, untuk koneksi sensor DHT21 dengan ESP32, pin pertama sensor DHT21 dihubungkan ke VCC, Pin 2 dihubungkan ke pin digital (pin input), dan Pin 3 dihubungkan ke Ground pada ESP32. Perangkat ini akan menggunakan 2 sensor DHT21, yang masing-masing sensor dihubungkan ke pin D2 dan D4 pada ESP32. Keypad yang digunakan untuk pengaturan setpoint dihubungkan ke ESP32 menggunakan protokol komunikasi Inter-Integrated Circuit (I2C), menggunakan IC PCF8574. Selanjutnya pin SDA dihubungkan ke pin D21, dan pin SCL dihubungkan ke pin D22.

## 2.4. Sistem Pengendalian Derivatif Integral Proporsional (PID)



Gambar 4 Sistem Derivatif Integral Proporsional (PID)

Sistem Set Point (SP) diprogram untuk mempertahankan suhu  $38^{\circ}\text{C}$ . Nilai suhu yang diinginkan, SP, dimasukkan ke dalam mikrokontroler ESP 32 yang memanfaatkan sistem kendali turunan integral proporsional (PID) untuk memproses nilai SP. Sistem kontrol PID menghitung penyesuaian yang diperlukan dan menghasilkan nilai Modulasi Lebar Pulsa (PWM). Nilai PWM ini bertanggung jawab untuk mengatur intensitas nyala api pemanas. Untuk memantau suhu sebenarnya, sensor DHT (21) digunakan untuk mengukur panas yang dihasilkan oleh pemanas. Keluaran sensor kemudian dibandingkan dengan nilai SP, dan setiap perbedaan dianggap sebagai kesalahan. Kesalahan ini diumpankan kembali ke mikrokontroler dan diproses lebih lanjut melalui sistem kendali PID.

## 2.5. Sistem Aplikasi Web



Gambar 5 Aplikasi Web Kodular

Dalam penelitian ini, aplikasi web Kodular digunakan untuk mendeteksi arus menggunakan sensor ACS712. Aplikasi ini secara akurat mengukur arus dan mengirimkan pemberitahuan singkat ke ponsel pengguna jika ada kesalahan pengukuran. Hal ini memastikan identifikasi masalah secara

cepat dan menjaga kualitas data. Selain itu, aplikasi ini memantau suhu dan kelembapan dengan sensor DHT21, menawarkan pembaruan waktu nyata di ponsel cerdas. Ia mengambil data secara berkala, menyajikannya secara interaktif. Pengguna dapat melacak perubahan suhu dan kelembapan di Smart Incubator secara efektif.

## 2.6. Model Rangka Penetas Telur



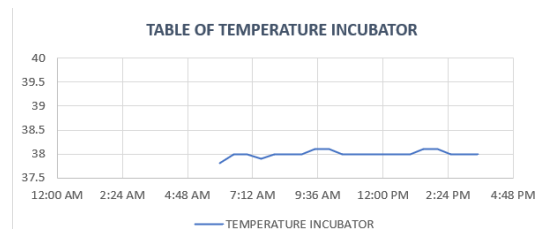
Gambar 6 Model Rangka Penetas Telur

Model penetas telur ini terdiri dari rangka kokoh yang terbuat dari bahan alumunium, multipleks, dan alumunium foil. Ini memiliki lima rak berjenjang dengan total kapasitas 500 butir telur. Selain itu, inkubator dilengkapi dengan sistem penggerak yang andal dan efisien untuk kelancaran pengoperasian.

## 3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan pada desain penelitian, diperoleh beberapa hasil uji kinerja perangkat, yang dapat ditunjukkan pada penjelasan berikut:

### 3.1. Data Sensor Suhu dan Kelembapan

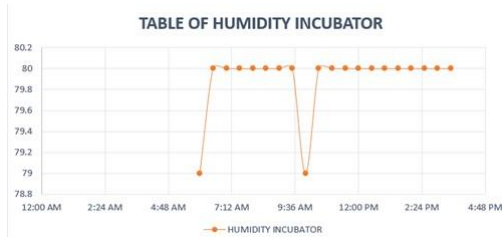


Gambar 7 Tabel Suhu Inkubator

Berdasarkan Gambar 7 hasil pengukuran suhu yang diperoleh dari

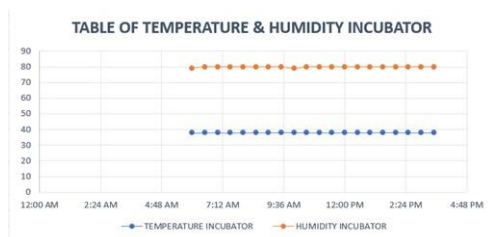


mesin penetas telur, diketahui bahwa suhu tetap stabil pada set point 38°C. Data suhu dicatat dengan interval 30 menit, menunjukkan kontrol suhu yang konsisten dan andal selama proses inkubasi. Hal ini menunjukkan efektivitas inkubator dalam menjaga suhu konstan dan optimal untuk keberhasilan penetasan telur.



Gambar 8 Tabel Inkubator Kelembaban

Berdasarkan Gambar 8 yang menggambarkan tingkat kelembapan terukur di dalam mesin penetas telur, terlihat bahwa kelembapan tetap stabil dalam kisaran yang diinginkan yaitu 80%. Data kelembapan dicatat dengan interval 30 menit, yang menunjukkan kontrol kelembapan yang konsisten dan andal selama proses inkubasi. Hal ini menandakan efektivitas inkubator dalam menjaga tingkat kelembapan optimal agar inkubasi telur berhasil.

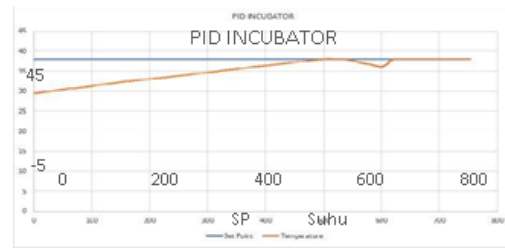


Gambar 9 Tabel Suhu & Kelembapan Inkubator

Berdasarkan Gambar 9, mesin penetas telur mempertahankan suhu stabil pada titik setel 38°C, sedangkan kelembapan terukur tetap konsisten dalam kisaran yang diinginkan yaitu 80%. Data dikumpulkan dengan interval 30 menit, yang menunjukkan kontrol suhu dan kelembapan yang andal selama proses inkubasi. Hal ini menyoroti efektivitas inkubator dalam

menyediakan kondisi optimal untuk keberhasilan inkubasi telur.

### 3.2. Data Sistem Kontrol PID



Gambar 10 Tabel Data Sistem PID

Berdasarkan Gambar 10, tabel data sistem kendali PID pemanas PTC menunjukkan bahwa respon pemanas diarahkan menuju set point dan dilakukan upaya untuk menjaga kestabilan pada suhu yang diinginkan yaitu 38°C. Hal ini menunjukkan efektivitas kinerja kontrol PID dalam mengatur pemanas PTC untuk mencapai dan mempertahankan suhu target selama proses inkubasi.

### 3.3. Data Hasil Pengujian Motor Aktuator

Tabel 1. Uji Motor

Time Testing	Motor Condition	Running Motor (Sekon)	Test Result
6:00:00 AM	ON	40	ON
9:00:00 AM	ON	40	ON
12:00:00 PM	ON	40	ON
3:00:00 PM	ON	40	ON
6:00:00 PM	ON	40	ON

Berdasarkan Tabel 1, tabel tersebut menyajikan pengukuran unjuk kerja motor dalam menggerakkan rak inkubator dengan interval setiap 3 jam sekali. Motor berhasil dioperasikan sesuai dengan instruksi yang diprogram, memungkinkan pergerakan rak inkubasi telur yang diinginkan.

### 3.4. Data Sensor Arus di Mesin Penetas Telur

Tabel 2. Sensor Saat Ini

Heater Current (A)	Power Supply Current (A)	Motor Current (A)
0	0	0
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.64	0.0909
8.33	0.63	0.0909
8.33	0.63	0.0909
8.33	0.63	0.0909
8.33	0.63	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
8.33	0.53	0.0909
0	0	0

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengukuran menunjukkan bahwa arus rata-rata untuk pemanas PTC adalah 8 A, catu daya yang dikonsumsi 0,6 A, dan motor membutuhkan 0,09 A pada mesin penetas telur. Pembacaan ini menunjukkan arus listrik yang ditarik oleh masing-masing komponen selama pengoperasian.

### 3.5. Pengiriman Data Node ke Firebase

Tabel 3. Pengiriman Data Dari Node Ke Cloud

Data (n)	Waktu Perbedaan (ms)	Data (n)	Waktu Perbedaan (ms)
Data 1	20	Data 21	21
Data 2	70	Data 22	12
Data 3	35	Data 23	24
Data 4	19	Data 24	38
Data 5	30	Data 25	35
Data 6	42	Data 26	25
Data 7	19	Data 27	19
Data 8	38	Data 28	13
Data 9	26	Data 29	16
Data 10	29	Data 30	22
Data 11	13	Data 31	31
Data 12	22	Data 32	45
Data 13	60	Data 33	32

Data (n)	Waktu Perbedaan (ms)	Data (n)	Waktu Perbedaan (ms)
Data 14	88	Data 34	13
Data 15	29	Data 35	44
Data 16	19	Data 36	73
Data 17	25	Data 37	28
Data 18	16	Data 38	22
Data 19	22	Data 39	47
Data 20	19	Data 40	41
<b>Perbedaan Waktu Rata-rata 31,3 ms</b>			

Tabel 3 menunjukkan pengiriman data dari node ke Firebase. Ini menyajikan rekaman hasil proses transfer data, menampilkan efisiensi dan keandalan komunikasi antara node dan platform Firebase.

### 3.6. Aplikasi Sistem Data



Gambar 14 Monitoring tampilan aplikasi web

Gambar 14 menggambarkan antarmuka pengguna aplikasi web yang digunakan untuk memantau sistem penetas telur. Antarmuka menyediakan tampilan komprehensif berbagai parameter, termasuk suhu, kelembapan, dan informasi relevan lainnya. Pengguna dapat dengan mudah mengakses dan memantau status inkubator secara real-time, memungkinkan pengawasan dan kontrol yang efektif terhadap proses inkubasi. Desain intuitif dan visualisasi yang jelas meningkatkan pengalaman pengguna dan memfasilitasi pengelolaan sistem inkubasi telur yang efisien.

#### 4. Kesimpulan

Temuan menunjukkan bahwa mesin penetas telur berkemampuan Internet of Things (IoT) dengan sistem kontrol PID mencapai stabilitas dalam menjaga suhu dan tingkat kelembapan yang diinginkan. Suhu yang tercatat tetap stabil pada titik setel 38°C, sedangkan kelembapan terukur berkisar sekitar 80%. Kemampuan motor untuk memutar rak inkubator memastikan distribusi panas merata dan menciptakan kondisi ideal untuk perkembangan telur. Motor beroperasi untuk mengontrol rak di mesin penetas telur setiap tiga jam. Kemampuan mikrokontroler untuk mengirimkan data melalui arsitektur IoT berbasis WiFi ke Firebase memungkinkan pemantauan real-time dan akses jarak jauh ke informasi penting. Visualisasi data dalam aplikasi meningkatkan kenyamanan pengguna dan memfasilitasi pengambilan keputusan dalam mengelola proses inkubasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- M. C. A. Prabowo, S. S. Hidayat, and F. Luthfi, "Low Cost Wireless Sensor Network for Smart Gas Metering using Antares IoT Platform," 3rd Int. Conf. Appl. Sci. Technol. iCAST 2020, vol. 1, no. 1, pp. 175–180, 2020, doi: 10.1109/iCAST51016.2020.9557692.
- O. Eze Aru, "Development of a Computerized Engineering Technique to Improve Incubation System in Poultry Farms," J. Sci. Eng. Res. 2017, 4(6)109-119 Res., vol. 4, no. 6, pp. 109–119, 2017, [Online]. Available: www.jsaer.com.
- I. C. Boleli, V. S. Morita, J. B. Matos, M. Thimotheo, and V. R. Almeida, "Poultry Egg Incubation: Integrating and Optimizing Production Efficiency," Brazilian J. Poult. Sci., vol. Special Is, no. 2, pp. 1–16, 2016, doi: http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0292.
- W. S. M. Sanjaya et al., "The Development of Quail Eggs Smart Incubator for Hatching System based on Microcontroller and Internet of Things (IoT)," 2018 Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICOIACT 2018, vol. 1, no. 1, pp. 407–411, 2018, doi: 10.1109/ICOIACT.2018.8350682.
- I. N. Lestari, E. Mulyana, and R. Mardi, "The Implementation of Mamdani's Fuzzy Model for Controlling the Temperature of Chicken Egg Incubator," Proc. - 2020 6th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2020, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.1109/ICWT50448.2020.9243647.
- M. Amdadul Bari, M. Julhas Hossain, and M. Monirujjaman Khan, "Development of Smart Egg Incubator," 2021 IEEE 12th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf. UEMCON 2021, vol. 1, no. 1, pp. 527–533, 2021, doi: 10.1109/UEMCON53757.2021.9666653.
- M. A. Kabir and M. A. Abedin, "Design and Implementation of a Microcontroller Based Forced Air Egg Incubator," 2018 Int. Conf. Adv. Electr. Electron. Eng. ICAEEE 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1–, 2019, doi: 10.1109/ICAEEE.2018.8642976.
- S. U. A. Naeemul Islam, Naeemul Islam, Asif Mohammed Arfi, "Design and Implementation of IoT Based Perspicacious Egg Incubator System," Naeemul Islam. Naeemul Islam. Asif Mohammed



- Arfi, Sohan Ul Alam, vol. 1, no. 1, pp. 251–255, 2019, doi: 10.1109/IEMECONX.2019.8877043.
- G. V. Kutsira, N. I. Nwulu, and E. M. Dogo, “Development of a Small Scaled Microcontroller-Based Poultry Egg Incubation System,” 2019 Int. Conf. Artif. Intell. Data Process. Symp. IDAP 2019, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1109/IDAP.2019.8875897.
- L. A. Szolga and A. Bondric, “Smart System for Incubating Eggs,” 2020 IEEE 26th Int. Symp. Des. Technol. Electron. Packag. SIITME 2020 - Conf. Proc., vol. 1, no. 1, pp. 260–264, 2020, doi: 10.1109/SIITME50350.2020.9292305.
- K. B. Azahar, E. E. Sekudan, and A. M. Azhar, “Intelligent Egg Incubator,” Int. J. Recent Technol. Appl. Sci., vol. 2, no. 2, pp. 91–102, 2020, doi: 10.36079/lamintang.ijortas-0202.129.
- K. Chitra, T. Kalpana, M. Hemalatha, S. Hari Vishnu, K. Kishore, and S. Manoj, “Automatic Egg Incubator Using IoT,” 2023 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI 2023, vol. 1, no. 1, pp. 0–5, 2023, doi: 10.1109/ICCCI56745.2023.10128323.
- S. A. Nawaz, S. Satheeskumaran, C. Venkatesan, A. R. Suhas, and L. Niranjana, “Design and implementation of chicken egg incubator for hatching using IoT,” Int. J. Comput. Sci. Eng. Vol. 24, No. 4, 2021, vol. 24, no. 4, p. 363, 2021, doi: 10.1504/ijcse.2021.10039967.
- E. Petkov, T. Kalushkov, G. Shipkovenski, R. Radoeva, and D. Valcheva, “Fault Tolerance Smart Incubator with IoT Control and Alerts,” ISMSIT 2022 - 6th Int. Symp. Multidiscip. Stud. Innov. Technol. Proc., vol. 1, no. 1, pp. 929–933, 2022, doi: 10.1109/ISMSIT56059.2022.9932792.
- B. Supriyo, Dadi, S. Warjono, A. Wisaksono, S. Astuti, and K. Utomo, “PID Based Air Heater Controller Implemented with Matlab/Simulink and Arduino Uno,” Proc. - 2018 5th Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. ICITACEE 2018, vol. 1, no. 1, pp. 28–32, 2018, doi: 10.1109/ICITACEE.2018.8576955.
- M. Huba, D. Vrancic, and P. Bistak, “PID Control with Higher Order Derivative Degrees for IPDT Plant Models,” IEEE Access, vol. 9, no. 1, pp. 2478–2495, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3

