

Rancang Bangun Alat Monitoring Kelembaban Otomatis Penetas Telur Merpati Berbasis IoT (*Internet of Things*)

Eka Wicaksono¹, M. Dewi Manikta Puspitasari², Miftakhul Maulidina³, Elsanda Merita Indrawati^{4*}

Teknik Elektronika Universitas Nusanantara PGRI Kediri^{1,2,3,4}

ekawicaksono357@gmail.com¹, dewimanikta@gmail.com², miftakhulmaulidi@unpkediri.ac.id³, elsanda@unpkediri.ac.id⁴

*Corresponding author: Elsanda Merita Indrawati

Abstrak

Merpati salah satu unggas yang populer untuk dipelihara baik menjadi hewan ternak untuk dikonsumsi, maupun sekedar hobi balap, namun proses penetasan telur tidak signifikan tergantung kondisi lingkungan menyebabkan rendahnya produktivitas serta efisiensi dalam budidaya merpati. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi dalam peternakan yang dihasilkan dari alat pemantau serta pengatur kelembaban otomatis pada penetasan telur berbasis IoT menggunakan ESP32, dengan harapan dapat meningkatkan keberhasilan penetasan serta efisiensi dalam prosesnya. penelitian ini menggunakan model pengembangan yang disusun secara sistematis dan terstruktur untuk menghasilkan alat pemantau otomatis pada penetasan telur merpati dan dapat berfungsi secara optimal, dilaksanakan di Desa Tales, Kecamatan Ngadiluwih, Kabupaten Kediri dengan mitra pengembangan Bapak Ferdiansyah. Hasil penelitian ini bahwa rancang bangun sistem otomatis berbasis IoT berhasil dibuat menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, dan aplikasi Blynk sebagai media pemantauan real-time kelembapan di dalam inkubator, implementasi sistem monitoring IoT dengan aplikasi Blynk memberikan kemudahan bagi peternak untuk mengakses informasi kelembapan secara langsung melalui perangkat seluler, mampu menggantikan metode manual yang kurang efisien dan rawan kegagalan. Sistem yang dikembangkan terbukti membantu meningkatkan efisiensi dan keberhasilan karena mampu menjaga kestabilan kelembapan dan memberikan notifikasi kepada pengguna jika terjadi penyimpangan dari nilai yang diharapkan.

Kata Kunci : ESP32, IoT, Merpati, Monitoring, Penetas

A. PENDAHULUAN

Merpati merupakan salah satu jenis unggas yang cukup populer dipelihara, baik sebagai hewan hobi, balap, maupun untuk konsumsi. Namun, proses penetasan telur merpati secara alami memiliki tingkat keberhasilan yang bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, serta perilaku induk dalam mengerami. Hal ini dapat menyebabkan rendahnya produktivitas dan efisiensi dalam budidaya merpati (Ariani et al., 2020). Di era teknologi yang semakin maju, *Internet of Things (IoT)* telah menjadi salah satu inovasi khususnya dalam sektor peternakan unggas seperti merpati oleh karena itu proses penetasan telur otomatis sangat di perlukan, hal ini merupakan tahapan penting bagi peternak merpati untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Metode ini secara manual dirasa kurang efektif sebab induk merpati hanya dapat menetas dua telur dalam sekali reproduksi proses tersebut dirasa kurang efisien secara waktu dan tenaga, tidak hanya itu proses pengeraman secara manual juga dapat meningkatkan resiko kegagalan apabila induk merpati tidak dapat mengerami telur secara konsisten, oleh karena itu inkubator otomatis dibutuhkan untuk mengatur dan memantau proses penetasan telur dengan lebih efisien supaya mendapatkan hasil yang lebih maksimal (Rahman et al., 2020).

Kelembaban yang stabil merupakan faktor kunci dalam proses inkubasi unggas, termasuk merpati. Ketidakseimbangan kelembaban dapat menghambat perkembangan embrio dan menurunkan tingkat keberhasilan penetasan. Faktor ini menjadi masalah pada banyak peternakan kecil masih memantau kelembaban secara manual, sehingga hasil pengamatannya tidak akurat dan tidak *real-time* (Muktiawan et al., 2025). Untuk mengatasi hal ini, sistem monitoring otomatis yang mampu mengontrol humidifier secara otomatis menjadi sangat penting. Dengan menjaga kelembaban pada tingkat optimal selama masa inkubasi, sistem ini mampu meningkatkan efisiensi dan memberikan solusi teknologi yang efektif, terutama bagi peternak berskala kecil hingga menengah (Putra & Sari, 2022).

Salah satu perangkat yang mendukung penerapan teknologi ini adalah ESP32, yaitu modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan kemampuan pemrosesan yang andal. Dengan menggunakan sensor kelembaban seperti DHT22, mikrokontroler ini mampu membaca kelembaban lingkungan secara akurat dan mengirimkan data secara real-time ke platform pemantauan seperti *Blynk*. Melalui pemanfaatan ESP32, peternak dapat melakukan pemantauan kondisi inkubator dari jarak jauh melalui jaringan internet. Inovasi ini memungkinkan sistem pengawasan dan pengendalian perangkat dilakukan secara otomatis dan *real-time*. Dengan demikian, peternak dapat lebih mudah dalam mengontrol proses penetasan telur secara efisien dan optimal, sehingga meningkatkan produktivitas dalam beternak (Dian Suandi et al., 2023). Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di lingkungan peternakan merpati skala rumahan, ditemukan bahwa sebagian besar peternak masih menggunakan metode alami dalam proses penetasan telur. Induk merpati dibiarkan mengerami telur secara langsung tanpa bantuan alat bantu modern. Metode ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain keterbatasan jumlah telur yang dapat dierami dalam satu waktu, serta risiko kegagalan penetasan akibat perilaku induk yang tidak konsisten atau gangguan lingkungan seperti perubahan suhu dan kelembaban yang tidak terkendali. Selain itu, peternak belum memiliki alat khusus untuk memantau kondisi kelembaban secara akurat, sehingga proses inkubasi kurang optimal dan keberhasilan penetasan menjadi rendah.

Wawancara dengan peternak merpati, seperti Bapak Ferdiansyah (peternak di Kecamatan Ngadiluwih, Kediri), menunjukkan bahwa peternak tersebut merasa kesulitan dalam menjaga kestabilan kelembaban selama proses penetasan. Mereka menyatakan bahwa meskipun telah mencoba membuat inkubator sederhana, namun pemantauan kelembaban masih dilakukan secara manual dan tidak konsisten. Peternak menyambut baik ide pengembangan alat otomatis berbasis *IoT* yang mampu memantau dan mengatur kelembaban secara *real-time*, karena dapat menghemat waktu dan tenaga, serta meningkatkan peluang keberhasilan penetasan telur merpati. Dari hasil wawancara ini, dapat disimpulkan bahwa inovasi teknologi sangat dibutuhkan untuk mendukung efisiensi dan produktivitas dalam proses penetasan telur unggas, khususnya merpati.

B. LANDASAN TEORI

Penetasan telur burung merpati membutuhkan kondisi lingkungan yang stabil, terutama dalam hal kelembaban. Kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan embrio kekurangan cairan, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan jamur atau bakteri. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kelembaban yang mampu bekerja secara otomatis dan akurat. Namun, pemantauan kelembaban secara manual dinilai kurang efektif karena membutuhkan pengawasan terus-menerus dan berisiko terhadap kesalahan manusia. Dengan kemajuan teknologi, sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* menjadi solusi yang tepat. *IoT* memungkinkan perangkat keras seperti sensor dan mikrokontroler untuk terhubung ke jaringan internet dan mengirimkan data secara *real-time*.

Dalam penelitian ini, digunakan mikrokontroler ESP32 yang mendukung konektivitas Wi-Fi untuk menghubungkan sistem ke aplikasi pemantauan yaitu *Blynk*. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca kelembaban lingkungan secara akurat. Ketika kelembaban turun di bawah ambang batas sistem akan mengaktifkan humidifier secara otomatis untuk menstabilkan kelembaban. Data kelembaban akan ditampilkan secara langsung di aplikasi *Blynk* sehingga pengguna dapat memantau kondisi inkubator kapan pun dan di mana pun. Dengan perancangan dan penerapan sistem ini, diharapkan proses penetasan telur burung merpati dapat berlangsung lebih optimal, efisien, dan modern.

1. ESP32

ESP32 adalah bagian dari keluarga mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Modul ini merupakan generasi penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 juga mendukung berbagai platform pemrograman seperti Arduino IDE dan dilengkapi dengan modul Wi-Fi serta Bluetooth Low Energy (BLE) dalam satu chip. Fitur-fitur ini menjadikannya pilihan yang efisien untuk pengembangan di era *Internet of Things (IoT)*.

2. Sensor DHT 22

Sensor DHT22 digunakan untuk membaca kelembaban udara dalam inkubator. parameter ini penting untuk proses penetasan telur yang optimal, terutama untuk telur merpati. menurut (Puspasari et

al., 2020) bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang baik dan masih berada dalam rentang toleransi yang sesuai dengan spesifikasi data sheet-nya, yakni toleransi kelembaban 2–5% dan suhu $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

3. Kipas DC 12 Volt

Kipas pendingin DC merupakan komponen pendingin elektronik yang banyak diminati karena desainnya yang ringkas, kemudahan dalam pemasangan, kemampuan efisiensi tinggi dalam melepaskan panas, serta daya tahannya yang unggul dalam jangka panjang (Zhang et al., 2022)

4. Relay 2 Channel

Modul relay merupakan perangkat yang sering digunakan untuk mengendalikan kontaktor agar dapat mengubah kondisi rangkaian dari menyala (*ON*) ke mati (*OFF*) atau sebaliknya dengan menggunakan energi listrik. Fungsinya mirip sakelar otomatis, yang memungkinkan aliran listrik dalam suatu sistem dapat diputus atau disambung secara terkontrol dengan otomatis.

5. Lampu Pemanas

Lampu pemanas 25 watt adalah jenis lampu yang menghasilkan panas melalui radiasi sinar inframerah dengan daya sebesar 25 watt, elemen di dalam lampu akan dipanaskan sehingga mampu menyebarkan panas ke area sekitarnya. Umumnya, lampu ini digunakan dalam aplikasi khusus seperti inkubator, kandang hewan, atau perlengkapan laboratorium. Selain itu, lampu ini berfungsi untuk memberikan kehangatan di area kecil dan menjaga suhu tetap stabil.

6. LCD

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah komponen elektronik yang berfungsi menampilkan output berupa karakter, angka, huruf, dan simbol secara *real-time*. Modul ini digunakan untuk menampilkan data misalnya suhu dan kelembaban, modul ini banyak digunakan karena harganya yang terjangkau dan efisien.

7. Step Down

Step down mikrokontroler (juga dikenal sebagai *konverter Buck*) adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Mikrokontroler sering kali membutuhkan tegangan yang lebih rendah daripada sumber tegangan yang tersedia, misalnya dari baterai atau sumber daya. *Step down* mikrokontroler memungkinkan mikrokontroler untuk beroperasi dengan tegangan yang sesuai.

8. IoT (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi di mana berbagai perangkat elektronik saling terkoneksi melalui jaringan internet, untuk mengumpulkan data secara otomatis dan pemantauan dari jarak jauh. Teknologi ini mendukung efisiensi dan responsivitas tinggi dalam pengelolaan sistem fisik secara *real-time*. Dalam bidang peternakan penerapan *IoT* banyak dimanfaatkan untuk memantau kondisi lingkungan serta mengoptimalkan proses produksi secara berkelanjutan (Shafique et al., 2020).

9. Blynk

Blynk merupakan sebuah platform *IoT* berbasis aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pengawasan dan pengendalian perangkat elektronik dari jarak jauh menggunakan *smartphone*, baik Android maupun iOS. Platform ini support berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, ESP32, dan Raspberry Pi, yang dihubungkan ke jaringan internet. Melalui antarmuka pengguna berbentuk dashboard virtual yang mudah digunakan dengan metode drag-and-drop, *Blynk* memudahkan pengguna dalam merancang berbagai proyek *IoT*, seperti pada alat penetasan telur otomatis tanpa mengembangkan aplikasi dari awal.

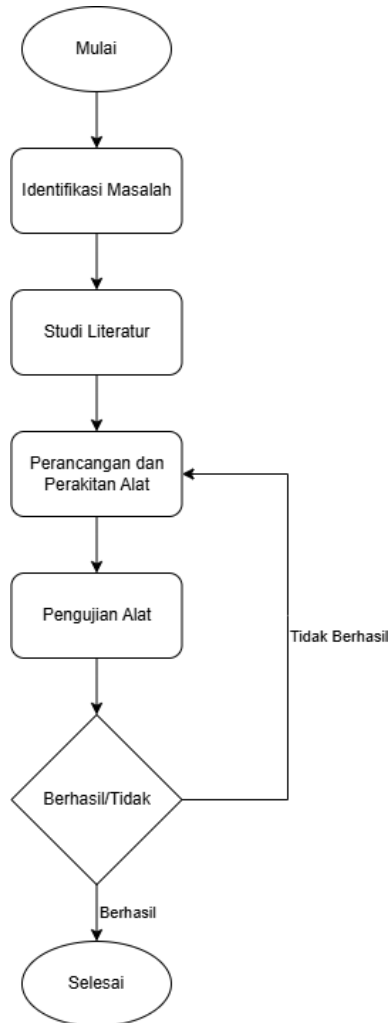
10. Humidifier

Humidifier adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk meningkatkan kelembaban udara di suatu ruangan atau lingkungan tertentu dengan cara mengeluarkan uap air atau kabut halus ke udara. Dengan adanya humidifier ini membantu menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai dengan aslinya, sehingga meningkatkan keberhasilan proses penetasan.

C. METODE PENELITIAN

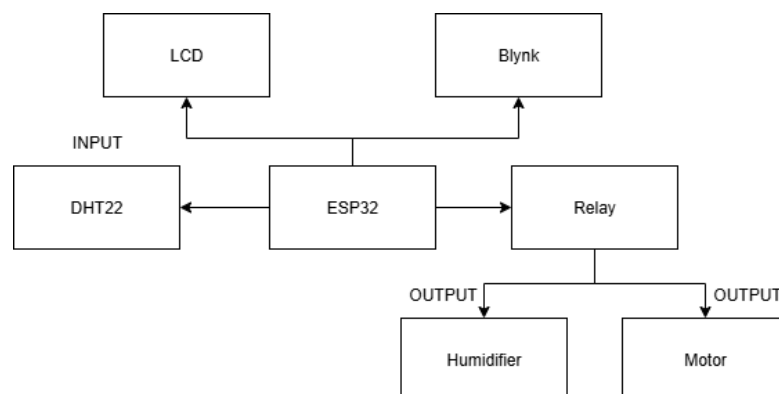
Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan produk teknologi berupa sistem nyata yang dapat diuji kinerjanya, dievaluasi efektivitasnya, dan disempurnakan secara bertahap. Sehingga model pengembangannya disusun secara sistematis serta terstruktur untuk menghasilkan alat pemantau

otomatis pada penetas telur merpati dan dapat berfungsi secara optimal. Pelaksanaan penelitian ini di Desa Tales, Kecamatan Ngadiluwih, Kabupaten Kediri, peneliti didampingi oleh mitra pengembangan yakni Bapak Ferdiansyah, selaku peternak merpati untuk hobi balap serta menjadi pengguna awal dari alat yang dirancang, proses pengembangan dilaksanakan mulai bulan Maret hingga Juni 2025. Pada Gambar 1. menunjukkan alur sederhana model pengembangan alat monitoring kelembaban pada inkubator.



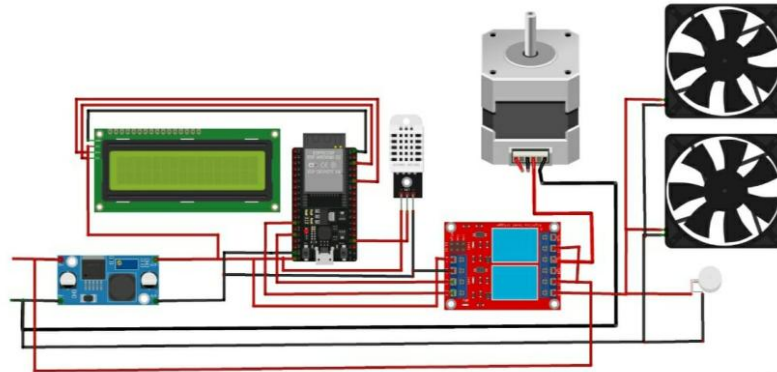
Gambar. 1 Flowchart Model Pengembangan

Pada Gambar 2 menunjukkan gambaran sederhana desain blok diagram alat monitoring kelembaban pada inkubator.



Gambar 2. Desain Blok Diagram

Wiring diagram pada Gambar 3 menunjukkan tahapan secara detail dari komponen yang dirancang, termasuk hubungan antara ESP32 dengan sensor DHT22, modul relay, kipas pendingin, motor pemutar telur, serta humidifier. Seluruh komponen ini saling terintegrasi untuk mendukung fungsi pemantauan dan pengendalian otomatis pada inkubator telur merpati berbasis *IoT*.



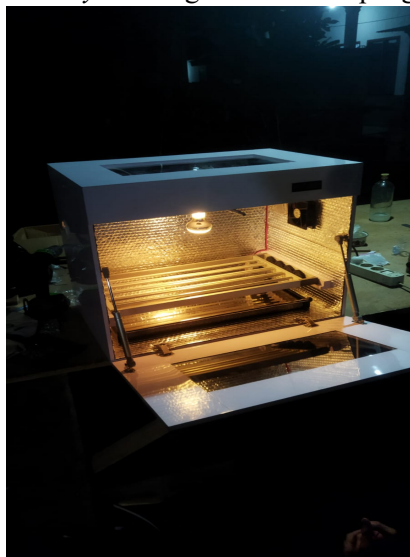
Gambar 3. Wiring Diagram

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Produk yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebuah sistem pemantauan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang digunakan untuk mengawasi dan mengontrol proses penetasan telur burung merpati secara otomatis. Sistem ini menggunakan dua buah mikrokontroler, yaitu ESP32 sebagai pusat kendali utama. Berikut komponen-komponen beserta alur kerjanya:

- ESP32 sebagai pengontrol utama sistem otomatisasi kelembaban
- Humidifier digunakan untuk menstabilkan kelembaban di dalam inkubator
- Sensor DHT22 untuk mengukur kelembaban lingkungan inkubator
- Relay untuk mengontrol aktif/matinya kipas, heater, dan motor pemutar telur
- Heater lamp 25 watt sebagai sumber pemanas
- Kipas DC 12V sebagai pendingin jika kelembaban melebihi batas yang ditentukan
- Motor DC untuk memutar rak telur setiap 4 jam sekali dan berputar selama 1 menit
- LED Matrix 16x12 sebagai tampilan informasi suhu dan kelembaban
- Smartphone dengan aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka pengguna



Gambar 4. Aplikasi Alat pada Inkubator

Uji coba yang dilakukan oleh peneliti yaitu selama 7 hari dengan mencatat kelembaban 4 kali dalam 1 hari, yaitu pada pagi jam 08.00, siang pada jam 12.00, sore jam 16.00, dan malam pada jam

20.00. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui apakah humidifier, motor, dan pemantauan secara jarak jauh yang sudah dibuat dapat berjalan dengan semestinya. Berikut data uji coba tabel skenario alat:

Tabel 1. Data Suhu Sebelum Adanya Alat

| Hari dan Tanggal | Waktu | Data Suhu |
|----------------------|-------|-----------|
| Senin, 02 Juni 2025 | 08.00 | 55,4% |
| | 12.00 | 59,4% |
| | 16.00 | 59,8% |
| | 20.00 | 60,8% |
| Selasa, 03 Juni 2025 | 08.00 | 56,2% |
| | 12.00 | 62,3% |
| | 16.00 | 57,7% |
| | 20.00 | 61,2% |
| Rabu, 04 Juni 2025 | 08.00 | 57,7% |
| | 12.00 | 61,2% |
| | 16.00 | 60,7% |
| | 20.00 | 60,7% |
| Kamis 05 Juni 2025 | 08.00 | 59,1% |
| | 12.00 | 59,8% |
| | 16.00 | 61,5% |
| | 20.00 | 59,5% |
| Jumat 06 Juni 2025 | 08.00 | 61,2% |
| | 12.00 | 61,2% |
| | 16.00 | 61,2% |
| | 20.00 | 58,8% |
| Sabtu 07 Juni 2025 | 08.00 | 58,4% |
| | 12.00 | 58,7% |
| | 16.00 | 58,6% |
| | 20.00 | 60,6% |
| Minggu 08 Juni 2025 | 08.00 | 60,7% |
| | 12.00 | 62,7% |
| | 16.00 | 60,8% |
| | 20.00 | 62,1% |

Data pengukuran kelembaban yang diperoleh selama pengujian dicatat setiap 4 jam selama 7 hari dan dianalisis untuk menilai akurasi pembacaan sensor DHT22. Berdasarkan data uji coba alat hasil total suhu yang diperoleh dapat di rata rata sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

\bar{X} = Nilai rata-rata.

$\sum X$ = Jumlah nilai kelembaban.

n = Jumlah data.

Rata-rata kelembaban :

1) Pukul 08:00

$$\bar{X} = \frac{408,7}{7} = 58,38\%$$

2) Pukul 12:00

$$\bar{X} = \frac{425,3}{7} = 60,75\%$$

3) Pukul 16:00

$$\bar{X} = \frac{420,3}{7} = 60,04\%$$

4) Pukul 20:00

$$\bar{X} = \frac{423,7}{7} = 60,52\%$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kelembaban diatas, rata-rata keseluruhan dari 4 waktu pengamatan tersebut adalah :

Rata-rata total suhu :

$$\bar{X}_{\text{total kelembaban}} = \frac{58,38+60,75+60,04+60,52}{4} = 59,92\%$$

Langkah-langkah uji coba dilakukan dengan tahapan sistem diaktifkan dan dipantau selama tujuh hari berturut-turut dalam kondisi kerja penuh. Perubahan kelembaban dicatat setiap 4 jam sekali, baik dari tampilan LCD maupun dari aplikasi *Blynk* untuk keperluan perbandingan dan validasi. Jika kelembaban turun di bawah 55% maka humidifier akan *ON* jika suhu melebihi 65% maka humidifier akan aktif *OFF* sementara motor pemutar rak bekerja setiap 4 jam sesuai pemrograman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kelembaban otomatis pada alat penetas telur merpati, berhasil menjaga kelembaban ruang inkubator telur merpati secara stabil di kisaran rata-rata 59,92%. Nilai ini berada dalam batas optimal untuk penetasan, yakni antara 55–65%, kelembaban tersebut sangat ideal pada penetasan telur unggas.

2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kelembaban otomatis berbasis ESP32, sensor DHT22, dan humidifier, berhasil menjaga kelembaban ruang inkubator telur merpati secara stabil di kisaran rata-rata 59,92%. Nilai ini berada dalam batas optimal untuk penetasan, yakni antara 55–65%, kelembaban tersebut sangat ideal pada penetasan telur unggas.

Jika dibandingkan dengan penelitian Kinnasih & Dzulkifli (2022), penelitian ini sama-sama memanfaatkan sensor DHT22 dan teknologi *IoT* untuk melakukan pemantauan dan pengendalian kelembaban secara otomatis. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mengaktifkan humidifier saat kelembaban berada di luar rentang 50–65%, dengan deviasi yang rendah terhadap alat ukur laboratorium. Namun, terdapat beberapa kelebihan dalam penelitian ini dibandingkan penelitian tersebut. Penelitian ini secara spesifik dirancang untuk proses penetasan telur burung merpati, yang memiliki karakteristik dan kebutuhan kelembaban tersendiri. Sementara itu, penelitian di atas bersifat umum untuk inkubator tanpa spesifikasi jenis unggas tertentu. Selain mengatur kelembaban, penelitian ini juga mengintegrasikan logika pengendalian motor pemutar telur otomatis yang bekerja setiap 4 jam sekali, meniru proses alami pembalikan telur oleh induk, yang tidak dijelaskan pada penelitian sebelumnya. Dengan kelebihan-kelebihan tersebut, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi untuk digunakan secara praktis oleh peternak skala kecil hingga menengah, serta dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem inkubasi pintar berbasis *IoT* yang lebih kompleks.

Jika dibandingkan dengan penelitian Putra & Sari (2022) yang menggunakan Arduino UNO dan hanya menampilkan data secara lokal tanpa *IoT*, penelitian ini memiliki kelebihan utama pada aspek kontrol dan pemantauan jarak jauh berbasis *IoT* menggunakan *Blynk* serta terintegrasi humidifier otomatis. Meskipun keduanya menggunakan sensor DHT22 dengan akurasi yang baik, sistem dalam penelitian ini lebih unggul dalam hal aksesibilitas, kemudahan operasional, dan potensi penggunaan praktis di lapangan, khususnya bagi peternak skala kecil hingga menengah.

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan evaluasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat monitoring kelembaban alat penetas telur otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, serta platform aplikasi *Blynk* sebagai media pemantauan kelembaban secara *real-time*. Sistem ini mampu menjaga kelembaban inkubator dalam rentang optimal untuk proses penetasan telur merpati, yaitu antara 55% hingga 65%, dengan rata-rata kelembaban yang stabil sebesar 59,92%. Sistem bekerja secara otomatis, di mana humidifier akan aktif saat kelembaban turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan, dan secara bersamaan akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi *Blynk*. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengatur suhu dan kelembaban inkubator, Untuk saran

peneliti antarmuka pengguna pada aplikasi Blynk sebaiknya ditingkatkan agar lebih informatif dan mudah dipahami, khususnya bagi peternak yang belum memahami dengan teknologi digital.

2. Saran

Agar alat yang dikembangkan dapat lebih optimal dan bermanfaat di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut. Pertama, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan fitur pengendali suhu otomatis serta alarm peringatan jika terjadi penyimpangan nilai kelembaban. Kedua, penggunaan komponen yang lebih tahan lama dan kalibrasi sensor secara berkala perlu dilakukan untuk menjaga akurasi data dan performa alat. Ketiga, diperlukan pengujian lebih lanjut terhadap sistem ini di berbagai kondisi lingkungan dan untuk jenis unggas lain guna menguji fleksibilitas dan skalabilitas alat. Terakhir, disarankan untuk memberikan pelatihan singkat kepada peternak mengenai cara penggunaan, perawatan, serta troubleshooting alat, agar teknologi ini dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, F., Endra, R. Y., Erlangga, E., Aprilinda, Y., & Bahan, A. R. (2020). Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi Dan Teknologi*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.36448/jmsit.v10i2.1602>
- Dian Suandi, S., Andriani, T., Suryadi, L., Husyairi, M., Studi, P. S., Elektro, T., Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa, F., & Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat Jl Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, B. (2023). Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram Implementation of ESP32-CAM in Monitoring Chicken Egg Hatching Based on Telegram Notifications. *Hal*, 5(2), 155–164. <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- Didit, Y., Putra, A., Sari, C., Madiun, U. P., Teknik, F., & Elektro, P. T. (2022). *Pengaplikasian Sensor DHT22 Berbasis Arduino Sebagai Penetas Telur Ayam Kampung*. 2(2), 42–48.
- Kinnasih, I. W., Fisika, J., & Surabaya, U. N. (2022). *Rancang Bangun Alat Pengontrol Suhu Dan Kelembapan Pada Tempat Penetasan Telur Menggunakan Sensor DHT22 Dan Motor Swing Berbasis IoT*. 11, 57–72.
- Muktiawan, D. A., Nugroho, B., Sudibyoy, N. H., & Septiawan, Y. (2025). *Sistem Monitoring dan Pengendalian Alat Penetas Telur Berbasis IoT untuk Optimalisasi Tingkat Keberhasilan Penetasan*. 11(1), 128–137. <https://doi.org/10.31980/jpetik.v>
- Puspasari, F., Satya, T. P., Oktawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5776>
- Putra, Y. D. A., & Sari, C. (2022). Pengaplikasian Sensor DHT22 Berbasis Arduino Sebagai Penetas Telur Ayam Kampung. *ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, 2(2), 42. <https://doi.org/10.25273/electra.v2i2.12254>
- Rahman, F., Sriwati, S., Nurhayati, N., & Suryani, L. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Suhu Pada Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler Esp8266. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(01), 5–8. <https://doi.org/10.47398/iltek.v15i01.3>
- Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022–23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- Zhang, B., Song, Z., Liu, S., Huang, R., & Liu, C. (2022). *Overview of Integrated Electric Motor Drives : Opportunities*.