

Prototype Alat Monitoring dan Kontrol Suhu dan Kelembaban Sarang Burung Walet Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Yusril¹, Winda Agustiarmi²

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia^{1,2}

Corresponding Author: yusrilmah113@gmail.com^{1*}

Info Artikel

Submitted: 02 Januari 2026

Revised : 26 Januari 2026

Accepted: 04 Februari 2026

Published: 10 Februari 2026

Keywords: *Internet of Things, Temperature and Humidity, Swiftlet House, DHT22 Sensor, Automatic Control System*

Kata Kunci: *Internet of Things, Suhu dan Kelembaban, Sarang Burung Walet, Sensor DHT22, Sistem Kontrol Otomatis*

Abstract

Swiftlet nests are a high-value economic commodity that require stable environmental conditions to support the comfort and productivity of swiftlets. Temperature and humidity are the main factors influencing nest quality, and instability in these parameters can reduce production yield and disrupt swiftlet activity. Therefore, a system capable of automatically and continuously monitoring and controlling temperature and humidity is required. This study aims to design and develop a prototype of an Internet of Things (IoT)-based temperature and humidity monitoring and control system for swiftlet houses. The system employs a DHT22 sensor to measure environmental conditions, which are then processed by a microcontroller and automatically regulated using actuators in the form of a fan, heater, and humidifier based on predefined setpoints. The system is integrated with an IoT platform, enabling real-time monitoring through internet-connected devices. The experimental results indicate that the developed system is able to measure and control temperature and humidity with good accuracy, where the measurement errors remain within acceptable tolerance limits. Thus, the proposed prototype has the potential to support effective and technology-based management of the swiftlet house environment.

Abstrak

Sarang burung walet merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi yang memerlukan kondisi lingkungan yang stabil untuk mendukung kenyamanan dan produktivitas burung walet. Suhu dan kelembaban udara menjadi faktor utama yang memengaruhi kualitas sarang, sehingga ketidakstabilan kedua parameter tersebut dapat menurunkan hasil produksi dan mengganggu aktivitas burung walet. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu melakukan monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban secara otomatis dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototype alat monitoring dan kontrol suhu dan kelembaban sarang burung walet berbasis Internet of Things (IoT). Sistem menggunakan sensor DHT22 untuk membaca kondisi lingkungan, yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler dan dikendalikan secara otomatis melalui aktuator berupa fan, heater, dan humidifier berdasarkan nilai setpoint yang telah ditentukan. Sistem juga terintegrasi dengan platform IoT sehingga data dapat dipantau secara real-time melalui perangkat yang terhubung ke internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca dan mengendalikan suhu serta kelembaban dengan tingkat akurasi yang baik, di mana nilai error masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga sistem berpotensi mendukung pengelolaan lingkungan sarang burung walet secara efektif berbasis IoT.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Publisher: Lembaga Penerbit Penelitian Nusantara

Pendahuluan

Sarang burung walet merupakan salah satu hasil komoditas unggulan di sektor agribisnis Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan kontribusi signifikan terhadap pendapatan masyarakat. Tingginya permintaan sarang burung walet, baik di pasar domestik maupun internasional, mendorong meningkatnya praktik budidaya walet secara intensif di berbagai daerah. Kualitas sarang walet menjadi faktor utama yang menentukan nilai jual produk tersebut, yang mencakup aspek warna, bentuk, tekstur, serta kebersihan sarang. Kualitas tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh faktor genetik burung walet, tetapi juga sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan mikro tempat burung walet bersarang, khususnya suhu dan kelembaban udara di dalam gedung walet (Tri Ningsih et al., 2021).

Burung walet secara alami hidup dan berkembang biak pada lingkungan dengan kondisi iklim yang relatif stabil, seperti gua-gua alami yang memiliki suhu sejuk dan tingkat kelembaban tinggi. Dalam kondisi budidaya buatan, lingkungan tersebut perlu direkayasa agar mendekati habitat aslinya guna menciptakan rasa aman dan nyaman bagi burung walet. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa suhu ideal pada rumah burung walet berada pada rentang 26–29°C, sedangkan kelembaban udara optimal berkisar antara 80–90%. Apabila suhu terlalu tinggi, air liur burung walet akan mengering lebih cepat sehingga sarang menjadi rapuh dan mudah patah. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah dapat menghambat aktivitas burung walet. Selain itu, kelembaban yang tidak sesuai dapat menyebabkan sarang mudah retak, berubah warna, bahkan berjamur, yang pada akhirnya menurunkan kualitas dan nilai ekonomis sarang walet secara signifikan (Muliati & Dawiya, 2022).

Dalam praktik di lapangan, pengelolaan suhu dan kelembaban gedung walet masih banyak dilakukan secara manual, seperti dengan penyemprotan air, pengaturan ventilasi secara konvensional, atau penggunaan alat ukur sederhana yang tidak terintegrasi. Metode manual tersebut memiliki berbagai keterbatasan, di antaranya ketidakmampuan untuk melakukan pemantauan secara kontinu, ketergantungan pada kehadiran manusia, serta potensi kesalahan dalam pengambilan keputusan. Akibatnya, fluktuasi suhu dan kelembaban sering kali tidak terdeteksi secara cepat, sehingga kondisi lingkungan gedung walet menjadi tidak stabil dalam jangka waktu tertentu. Ketidakstabilan ini berpotensi mengganggu kenyamanan burung walet, menurunkan produktivitas, serta meningkatkan risiko kerusakan sarang (Husdi & Galih, 2023).

Perkembangan teknologi digital, khususnya *Internet of Things (IoT)*, membuka peluang besar dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lingkungan pada berbagai sektor,

termasuk sektor budidaya burung walet. Teknologi IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, jaringan internet, dan perangkat lunak, sehingga data lingkungan dapat dipantau secara real-time dan diakses dari jarak jauh. Selain itu, IoT juga memungkinkan penerapan sistem kontrol otomatis berbasis parameter tertentu, sehingga respons terhadap perubahan lingkungan dapat dilakukan secara cepat dan presisi. Dalam konteks rumah burung walet, penerapan sistem berbasis IoT berpotensi memberikan solusi yang lebih adaptif dan berkelanjutan dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban (Fajar Nurrahman & Yuniarto, 2024).

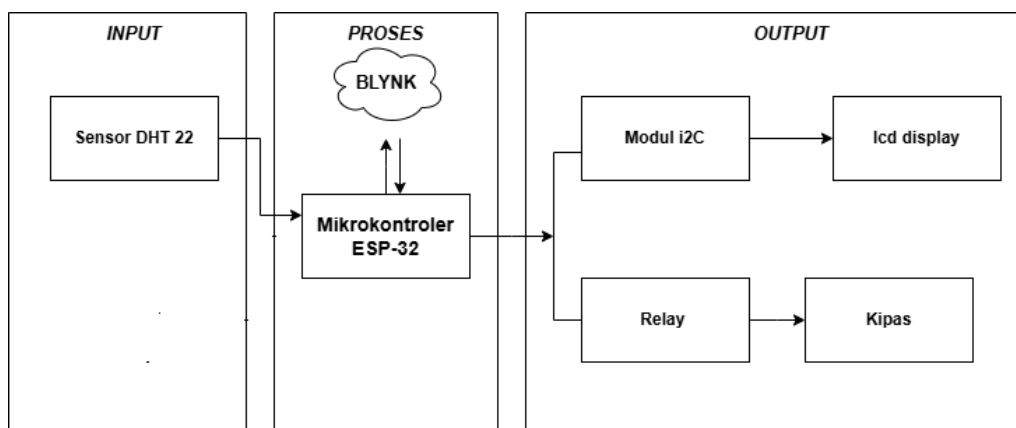
Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT pada gedung burung walet. Penelitian Tri Ningsih et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan sensor suhu dan kelembaban yang terintegrasi dengan platform IoT mampu meningkatkan akurasi pemantauan kondisi lingkungan. Sementara itu, Husdi dan Galih (2023) mengembangkan sistem pemantauan jarak jauh yang memungkinkan pengguna untuk mengakses data lingkungan secara real-time melalui perangkat mobile. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek monitoring dan belum mengintegrasikan sistem kontrol otomatis yang mampu menyesuaikan kondisi lingkungan secara langsung berdasarkan nilai ambang yang ditetapkan. Selain itu, pemanfaatan aktuator sebagai komponen pengendali suhu dan kelembaban sering kali belum dioptimalkan secara terpadu.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kebutuhan akan pengembangan sistem yang tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mampu melakukan pengendalian suhu dan kelembaban secara otomatis dan terintegrasi. Sistem tersebut diharapkan dapat bekerja secara real-time, memiliki tingkat akurasi yang baik, serta mudah diakses oleh pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototype alat monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan sensor DHT22 sebagai perangkat pengukur, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, serta aktuator berupa fan, heater, dan humidifier sebagai pengatur kondisi lingkungan. Integrasi sistem dengan aplikasi berbasis internet memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan kondisi gedung walet dari jarak jauh secara efisien.

Pengembangan sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan kualitas pengelolaan rumah burung walet, sekaligus menjadi alternatif solusi teknologi yang aplikatif dan terjangkau bagi para pelaku budidaya. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah terkait penerapan teknologi IoT dalam pengendalian lingkungan mikro pada sektor agribisnis, khususnya pada budidaya burung walet.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (*research and development*) dengan pendekatan eksperimental untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem yang dikembangkan dirancang untuk memantau kondisi lingkungan gedung walet secara *real-time* serta melakukan pengendalian otomatis berdasarkan nilai ambang suhu dan kelembaban yang telah ditetapkan. Arsitektur sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1, yang menggambarkan keterkaitan antara sensor, mikrokontroler, aktuator, dan aplikasi monitoring berbasis internet.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu dan Kelembaban

Sistem terdiri atas sensor DHT22 yang berfungsi mengukur suhu dan kelembaban lingkungan, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan pengendali sistem, serta aktuator berupa fan, heater, dan humidifier yang digunakan untuk menyesuaikan kondisi lingkungan. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan melalui jaringan internet ke aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban secara *real-time* melalui perangkat mobile. Selain itu, ESP32 diprogram untuk melakukan kontrol otomatis terhadap aktuator apabila nilai suhu dan kelembaban berada di luar rentang ideal, yaitu suhu 26–29°C dan kelembaban 80–90%.

Prosedur penelitian meliputi tahap perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian kinerja sistem. Pengujian dilakukan dengan mengamati respons sistem terhadap perubahan suhu dan kelembaban serta membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur pembanding. Data hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi akurasi sensor dan efektivitas sistem kontrol otomatis dalam menjaga kestabilan suhu

dan kelembaban sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi komponen dan fungsi utama yang diperlukan agar sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet berbasis Internet of Things (IoT) dapat bekerja secara optimal. Analisis ini mencakup kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai pendukung implementasi sistem, serta kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang menjadi acuan dalam perancangan dan pengujian. Hasil analisis kebutuhan sistem dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Analisis Kebutuhan Sistem

Kategori	Komponen / Aspek	Fungsi Utama
Perangkat keras	ESP32	Mengolah data sensor dan mengirimkan data ke aplikasi IoT melalui koneksi Wi-Fi.
	Sensor DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban lingkungan gedung walet secara real-time.
	Fan, heater, humidifier	Mengendalikan suhu dan kelembaban agar tetap berada pada rentang optimal.
	Modul relay	Mengatur kerja aktuator sebagai saklar elektronik.
	LCD I2C 16×2	Menampilkan data suhu dan kelembaban secara langsung.
Perangkat lunak	Arduino IDE	Pemrograman dan pengunggahan firmware ke mikrokontroler.
	Aplikasi Blynk	Monitoring dan kontrol sistem secara real-time.
Kebutuhan sistem	Fungsional	Pembacaan sensor, tampilan data, dan pengiriman data berbasis IoT.
	Non-fungsional	Keandalan, responsivitas, dan kemudahan perawatan sistem.

Berdasarkan Tabel 1, sistem dirancang menggunakan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi untuk mendukung fungsi monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban secara otomatis dan real-time. Pemilihan ESP32 sebagai pusat kendali memungkinkan pengolahan data sensor sekaligus komunikasi berbasis Wi-Fi, sehingga sistem dapat diakses dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Sensor DHT22 digunakan sebagai sumber data lingkungan karena mampu memberikan pembacaan suhu dan kelembaban yang stabil, sedangkan penggunaan aktuator berupa fan, heater, dan humidifier memungkinkan sistem melakukan penyesuaian kondisi lingkungan secara langsung.

Dari sisi fungsional, sistem telah memenuhi kebutuhan utama berupa pembacaan dan penyajian

data suhu serta kelembaban secara berkelanjutan, baik melalui tampilan lokal maupun aplikasi IoT. Sementara itu, pemenuhan kebutuhan non-fungsional seperti keandalan, responsivitas, dan kemudahan perawatan menunjukkan bahwa sistem tidak hanya dirancang untuk bekerja sesuai spesifikasi teknis, tetapi juga layak digunakan dalam jangka panjang. Dengan terpenuhinya kebutuhan fungsional dan non-fungsional tersebut, sistem yang dikembangkan memiliki dasar yang kuat untuk diimplementasikan sebagai solusi monitoring dan kontrol lingkungan pada gedung sarang burung walet.

Hasil Rancangan Sistem


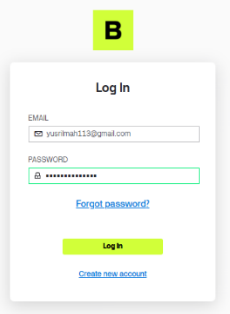

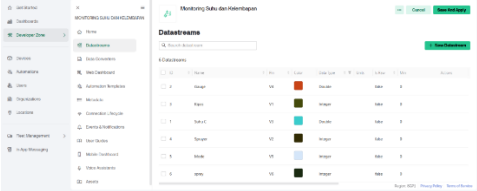

Tahap rancangan sistem dilakukan untuk memastikan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan secara optimal sesuai dengan hasil analisis kebutuhan sistem. Perancangan ini mencakup perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak berbasis Internet of Things (IoT), serta visualisasi fisik alat. Seluruh rancangan difokuskan pada kemudahan integrasi, keandalan sistem, dan kemudahan penggunaan dalam proses monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet.

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan mengacu pada skematik rangkaian yang telah ditentukan, di mana seluruh komponen utama seperti sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, modul relay, aktuator (fan, heater, dan humidifier), serta LCD diintegrasikan menjadi satu sistem yang saling terhubung. Setiap komponen dirangkai menggunakan koneksi yang stabil dan ditempatkan ke dalam casing pelindung untuk menjaga keamanan, kerapian, serta memudahkan perawatan. Sebelum sistem dioperasikan, dilakukan proses verifikasi koneksi menggunakan alat ukur untuk memastikan seluruh sambungan bekerja sesuai spesifikasi teknis dan meminimalkan potensi kesalahan rangkaian.

Dari sisi perangkat lunak, perancangan sistem difokuskan pada pengembangan antarmuka monitoring dan kontrol berbasis aplikasi Blynk yang diprogram melalui Arduino IDE. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan data suhu dan kelembaban secara real-time serta mendukung komunikasi data antara perangkat dan server IoT. Struktur aplikasi meliputi halaman autentikasi pengguna, pemilihan perangkat, dashboard monitoring, serta konfigurasi data stream untuk mengatur alur pengiriman dan visualisasi data sensor.

Prototype Alat Monitoring dan Kontrol Suhu dan Kelembaban Sarang Burung Walet Berbasis Internet of Things (IoT)
Yusril¹, Winda Agustiarmi²

Tabel 2. Visualisasi dan Komponen Rancangan Sistem

Aspek Rancangan	Visualisasi / Gambar	Keterangan Fungsi
Rangkaian perangkat keras		Menunjukkan hasil perakitan sensor, mikrokontroler, relay, aktuator, dan LCD dalam satu sistem utuh.
Antarmuka aplikasi IoT		Digunakan sebagai akses awal pengguna untuk mengelola sistem IoT secara aman.
Dashboard monitoring		Menyajikan data suhu dan kelembaban secara real-time menggunakan widget visual.
Konfigurasi data		Mengatur tipe data, satuan, dan virtual pin untuk memastikan pengiriman data akurat.
Visualisasi fisik alat		Menunjukkan desain fisik alat dan penempatan komponen di dalam casing.

Berdasarkan hasil rancangan yang disajikan pada Tabel 2, sistem yang dikembangkan

menunjukkan integrasi yang baik antara perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras yang terstruktur memungkinkan seluruh komponen bekerja secara sinergis dalam mendukung fungsi monitoring dan kontrol lingkungan. Sementara itu, perancangan perangkat lunak berbasis Blynk memberikan kemudahan akses dan visualisasi data secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban secara jarak jauh.

Visualisasi fisik alat menunjukkan bahwa sistem dirancang dengan mempertimbangkan aspek keamanan, kerapian, dan kemudahan perawatan, yang merupakan bagian dari kebutuhan non-fungsional sistem. Dengan demikian, hasil rancangan sistem ini menjadi dasar yang kuat bagi tahap pengujian dan evaluasi kinerja sistem dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban sarang burung walet.

Hasil Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan penerapan langsung dari rancangan sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet berbasis Internet of Things (IoT) yang telah disusun sebelumnya. Pada tahap ini, seluruh komponen sistem diintegrasikan dan dijalankan secara bertahap, mencakup pemrograman mikrokontroler, penerapan platform IoT, serta pengujian awal fungsi sistem. Implementasi dilakukan secara sistematis untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Pemrograman mikrokontroler ESP32 dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan struktur program yang disusun secara modular. Program diawali dengan proses inialisasi perangkat, yang mencakup pemanggilan library, penentuan pin input–output, serta pengaturan komunikasi serial dan jaringan. Setelah inialisasi, sistem melakukan pembacaan data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 secara berkala, kemudian memproses data tersebut ke dalam satuan yang sesuai. Data hasil pemrosesan selanjutnya dikirimkan ke platform Blynk melalui koneksi Wi-Fi untuk mendukung monitoring jarak jauh secara real-time, sekaligus ditampilkan secara langsung pada LCD yang terpasang pada perangkat.

Implementasi pada sisi perangkat lunak IoT dilakukan melalui konfigurasi aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring dan kontrol sistem. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi suhu dan kelembaban secara real-time melalui perangkat digital yang terhubung ke internet. Integrasi antara ESP32 dan Blynk menunjukkan bahwa sistem mampu mengirim, menampilkan, dan memperbarui data lingkungan secara kontinu, baik pada tampilan lokal maupun pada aplikasi berbasis IoT.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet yang telah dikembangkan. Pengujian meliputi akurasi sensor DHT22, kinerja sistem kontrol suhu dan kelembaban, keandalan tampilan LCD dan aplikasi Blynk, serta stabilitas perangkat keras pendukung. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara ringkas untuk menilai kelayakan sistem.

1. Pengujian Akurasi Sensor DHT22

Tabel 3. Hasil Perbandingan Pengukuran Suhu Sensor DHT22 dan Hygrometer

No	DHT22 (°C)	Hygrometer (°C)	Error (°C)
1	30.0	29.0	1.0
2	28.9	28.8	0.1
3	29.0	28.9	0.1
4	29.3	29.0	0.3
5	30.0	29.8	0.2
6	30.0	29.9	0.1
7	28.7	28.5	0.2
8	29.9	29.5	0.4
9	28.5	28.0	0.5
10	29.4	29.0	0.4
Error terbesar			1.0

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa selisih pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan hygrometer berada pada rentang 0,1–1,0°C dengan rata-rata error sebesar 0,33°C. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi spesifikasi sensor DHT22 ($\pm 0,5-2,0^\circ\text{C}$), sehingga sensor dinilai memiliki akurasi dan stabilitas yang baik. Pola error yang fluktuatif tanpa kecenderungan tertentu mengindikasikan bahwa kesalahan bersifat acak (*random error*), bukan kesalahan sistematis.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Pengukuran Kelembaban Sensor DHT22 dan Hygrometer

No	DHT22 (%)	Hygrometer (%)	Error (%)
1	90	85	5
2	89	84	5
3	89	83	6
4	90	85	5

No	DHT22 (%)	Hygrometer (%)	Error (%)
5	88	83	4
6	89	84	5
7	87	80	7
8	85	80	5
9	90	85	5
10	88	85	3
Error terbesar			7

Berdasarkan Tabel 4, selisih pengukuran kelembaban berada pada rentang 3–7% dengan rata-rata error sebesar 5%. Nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi maksimum sensor DHT22 ($\pm 2-5\%$ RH). Variasi error yang tidak menunjukkan pola tertentu mengindikasikan bahwa perbedaan pengukuran dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan karakteristik alat pembanding, sehingga sensor DHT22 tetap layak digunakan untuk pemantauan kelembaban lingkungan tertutup.

2. Pengujian Sistem Kontrol Suhu

Tabel 5. Hasil Pengujian Kontrol Suhu

No	Waktu (WIB)	Suhu Sensor (°C)	Suhu Hygrometer (°C)	Fan	Error (°C)
1	07.00	23.5	24.0	OFF	0.5
2	08.00	25.0	25.5	OFF	0.5
3	09.00	26.3	26.6	OFF	0.3
4	10.00	27.2	27.9	OFF	0.5
5	11.00	28.8	28.4	OFF	0.4
6	12.00	29.9	29.5	OFF	0.4
7	13.00	30.6	30.3	ON	0.3
8	14.00	30.5	30.2	ON	0.3
9	15.00	30.2	30.9	ON	0.5
10	16.00	30.0	30.3	ON	0.3
11	17.00	29.9	30.4	ON	0.5

Hasil pengujian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa sistem kontrol suhu bekerja sesuai dengan parameter yang ditetapkan. Fan aktif ketika suhu melebihi batas atas, dan nilai error suhu rata-rata berada di bawah 0,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu merekam perubahan suhu secara akurat dan sistem kontrol dapat merespons kondisi lingkungan dengan baik.

3. Pengujian Sistem Kontrol Kelembaban

Tabel 6. Hasil Pengujian Kontrol Kelembaban

No	Waktu (WIB)	Sensor (%)	Hygrometer (%)	Heater	Humidifier	Error (%)
1	07.00	93	92	ON	OFF	1
2	08.00	91	90	ON	ON	1
3	09.00	89	88	OFF	OFF	1
4	10.00	86	85	OFF	OFF	1
5	11.00	83	82	OFF	OFF	1
6	12.00	81	80	OFF	OFF	1
7	13.00	79	78	OFF	ON	1
8	14.00	79	78	OFF	ON	1
9	15.00	78	77	OFF	ON	1
10	16.00	79	78	OFF	ON	1
11	17.00	80	79	OFF	OFF	1

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa sistem kontrol kelembaban mampu menjaga kelembaban lingkungan secara stabil. Selisih error rata-rata berada pada kisaran $\pm 1\%$, yang menunjukkan konsistensi pembacaan sensor dan efektivitas kerja heater serta humidifier dalam mengendalikan kelembaban.

4. Pengujian Tampilan dan Perangkat Pendukung

Tabel 7. Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi Blynk

Fitur	Status
Login dan autentikasi	Berhasil
Tampilan data sensor	Berhasil
Kontrol alat	Berhasil

Pengujian LCD dan aplikasi Blynk menunjukkan bahwa seluruh parameter suhu dan kelembaban dapat ditampilkan secara real-time dengan baik. Selain itu, seluruh rangkaian perangkat keras juga menunjukkan kestabilan tegangan pada setiap blok sistem, sehingga mendukung operasi sistem secara berkelanjutan.

5. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memastikan seluruh rangkaian sistem bekerja stabil

sesuai dengan spesifikasi teknis yang dirancang. Pengujian meliputi rangkaian daya, rangkaian input, rangkaian proses, dan rangkaian output. Parameter yang diuji adalah kesesuaian tegangan masukan dan keluaran pada masing-masing blok sistem.

Tabel 8. Hasil Pengujian Rangkaian Daya

Komponen	Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran	Keterangan
Power supply 220VAC–12VDC	220 VAC	12,08 VDC	Stabil
Step-down LM2596	12,08 VDC	5,02 VDC	Stabil
Baterai 12 V	12,4 VDC	12,0 VDC	Stabil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sumber daya menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan sistem, sehingga mampu mendukung operasi perangkat tanpa fluktuasi signifikan.

Tabel 9. Hasil Pengujian Rangkaian Input

Komponen	Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran	Kondisi
Sensor DHT22	3,29 VDC	3,1 VDC (data)	Normal

Sensor DHT22 menerima suplai tegangan sesuai spesifikasi operasional (3,0–5,5 VDC) dan menghasilkan sinyal data digital yang stabil, menandakan sensor bekerja normal.

Tabel 10. Hasil Pengujian Rangkaian Proses

Komponen	Tegangan Masukan	Keluaran 3,3 V	Keluaran 5 V	Kondisi
ESP32 + Extended Board	12,08 VDC	3,28 VDC	4,98 VDC	Stabil

Hasil ini menunjukkan bahwa mikrokontroler mampu menyediakan tegangan logika yang stabil untuk mendukung kinerja sensor dan modul kendali.

Pemeliharaan Sistem (*Maintenance*)

Pemeliharaan sistem dilakukan untuk memastikan kinerja perangkat keras dan perangkat lunak tetap optimal selama penggunaan jangka panjang. Aspek pemeliharaan difokuskan pada kestabilan pembacaan sensor, keandalan komponen fisik, serta keberlanjutan sistem IoT, khususnya pada koneksi jaringan dan firmware mikrokontroler. Hasil pemeliharaan menunjukkan bahwa dengan perawatan berkala, sistem mampu mempertahankan akurasi, stabilitas, dan kemudahan penggunaan.

Kegiatan pemeliharaan mencakup pemeriksaan sensor, pengecekan kondisi fisik komponen, pembaruan firmware ESP32, serta perawatan antarmuka tampilan dan aktuator. Pendekatan

pemeliharaan ini dirancang bersifat preventif untuk meminimalkan potensi gangguan sistem akibat faktor lingkungan, debu, kelembaban, maupun degradasi komponen.

Tabel 11. Jadwal dan Tindakan Pemeliharaan Sistem

Komponen	Jadwal Pemeliharaan	Tindakan Pemeliharaan
Sensor DHT22	Setiap bulan	Kalibrasi suhu dan kelembaban serta pembersihan sensor
Humidifier 5V	Setiap bulan	Pengecekan air, pembersihan nozzle, dan kabel daya
Mikrokontroler ESP32	Bulan pertama dan bila diperlukan	Pembaruan firmware dan pengecekan koneksi Wi-Fi
LCD	Setiap 2 minggu	Pembersihan layar dan pengecekan kejelasan tampilan
Kipas DC	Setiap bulan	Pembersihan baling-baling dan pemeriksaan putaran motor
Modul Relay	Setiap 3 bulan atau bila diperlukan	Pemeriksaan fungsi switching dan konektor
Heater	Setiap bulan	Pemeriksaan fungsi pemanasan

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak, Prototype Alat Monitoring dan Kontrol Suhu dan Kelembaban Sarang Burung Walet Berbasis Internet of Things (IoT) secara umum telah berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan dan spesifikasi sistem yang ditetapkan. Sistem mampu melakukan pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban secara otomatis dengan tingkat akurasi yang dapat diterima, serta mendukung pengiriman data secara real-time melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki performa pengukuran yang stabil, dengan selisih error suhu berada pada rentang 0,1°C–1,0°C dan rata-rata sebesar 0,33°C, yang masih berada dalam batas toleransi spesifikasi sensor. Pada parameter kelembaban, error pengukuran berkisar antara 3%–7% RH dengan rata-rata 4,8% RH, yang juga masih dapat dikategorikan akurat untuk aplikasi pemantauan lingkungan tertutup. Perbedaan hasil pengukuran tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti posisi sensor, sirkulasi udara yang terbatas, serta kondisi iklim di dalam box pengujian.

Selain akurasi pengukuran, sistem juga menunjukkan kinerja konektivitas yang baik. Pengiriman data dari mikrokontroler ke server Blynk berlangsung stabil selama pengujian berkelanjutan tanpa gangguan signifikan, dengan latensi rendah dan tanpa terjadinya kegagalan komunikasi. Antarmuka aplikasi Blynk mampu menampilkan data suhu dan kelembaban secara

real-time, responsif, serta kompatibel di berbagai perangkat, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan budi daya secara fleksibel. Proses pencatatan data yang berlangsung otomatis tanpa intervensi pengguna turut mengurangi potensi kesalahan manusia serta mendukung penyimpanan data historis untuk kebutuhan evaluasi lingkungan jangka panjang. Pola sebaran error pengukuran yang bersifat acak dan tidak menunjukkan kecenderungan sistematis mengindikasikan bahwa sensor bekerja secara konsisten dan hasil pengukuran dapat dipercaya sebagai dasar pengambilan keputusan pengendalian lingkungan.

Meskipun demikian, hasil pengujian juga mengungkapkan beberapa keterbatasan teknis yang perlu diperhatikan. Sistem masih bergantung pada kestabilan koneksi Wi-Fi untuk mendukung pengiriman data real-time, sehingga gangguan jaringan berpotensi memengaruhi akses pemantauan jarak jauh. Selain itu, sensor DHT22 memiliki sensitivitas tinggi terhadap kondisi kelembaban ekstrem, khususnya ketika mendekati 100% RH, yang dapat menyebabkan penurunan akurasi atau nilai pembacaan yang tidak berubah. Kondisi tersebut mengindikasikan perlunya perlindungan tambahan pada sensor serta kalibrasi berkala untuk menjaga keandalan pengukuran. Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan bekerja secara efektif, stabil, dan layak digunakan untuk pemantauan serta pengendalian suhu dan kelembaban pada gedung walet, dengan tingkat akurasi yang memadai meskipun masih memiliki keterbatasan yang dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototype alat monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban sarang burung walet berbasis Internet of Things (IoT) berhasil memenuhi tujuan penelitian. Sistem mampu memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis agar tetap berada pada rentang optimal bagi habitat burung walet. Sensor DHT22 menunjukkan kinerja pengukuran suhu dan kelembaban yang akurat dan stabil dengan tingkat error yang masih berada dalam batas toleransi, sehingga layak digunakan sebagai perangkat monitoring. Selain itu, sistem kontrol otomatis yang terdiri dari kipas, heater, dan humidifier bekerja sesuai dengan setpoint yang ditetapkan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban. Integrasi dengan platform IoT memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time dan jarak jauh, sehingga sistem ini berpotensi menjadi solusi yang efektif dan efisien dalam pengelolaan lingkungan sarang burung walet berbasis teknologi digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, T. 2022. "Analisis Perbandingan Mikrokontroler ESP32 dan ESP8266 untuk Pengembangan IoT." *Jurnal Teknologi Elektro* 9(2): 115–22.
- Artha. 2023. "Electromechanical." *Encyclopedia of Digital Agricultural Technologies* 460–460. doi: 10.1007/978-3-031-24861-0_300026.
- Crocodic. 2023. "Pengertian Mikrokontroler dan Fungsinya." *Mediacenter ITBMG*. Diakses dari: <https://mediacenter.itbmg.ac.id>.
- Fajar Nurrahman. 2024. "Sistem Monitoring Dan Keamanan Rumah Walet Berbasis IoT Dan PLTS." 7(2):281–92.
- Firmansah. 2022. "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 6(2):767–72. doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- Husdi. 2023. "Prototype Alat Pemantauan Dan Pengendalian Suhu Ruangan Sarang Walet Berbasis Nodemcu." *Simtek : Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer* 8(1):233–37. doi: 10.51876/simtek.v8i1.257.
- Muliati. 2022. "Studi Usaha Sarang Burung Walet Dalam Meningkatkan Pendapatan Desa." *Jurnal Mirai Management* 7(1):182–99.
- Nugraha. 2021. "Implementasi Blynk pada Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis ESP32." *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika* 13(1): 45–52.
- Pamungkas, M. 2020. "Prototipe Alat Pengatur Kelembaban Otomatis Ruang Sarang Burung Walet Berbasis IoT." *Jurnal Elektro Indonesia* 5(2): 99–106.
- Rosaly. 2020. "Flowchart sebagai Media Perancangan Algoritma." *Jurnal Ilmiah Informatika* 8(1): 55–61.
- Selay. 2022. "Internet of Things: Konsep dan Implementasi pada Sistem Monitoring." *Karimah Tauhid* 1(6): 860–68.
- Tri Ningsih, Jurusan Teknik Elektro, and Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2021. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Sarang Walet Berbasis Internet Of Things*.
- Ummah. 2019. "M Ummah." *Sustainability (Switzerland)* 11(1):1–14.
- Ungusari. 2015. "Peran Usaha Peternak Sarang Burung Walet Dalam Meningkatkan Pendapatan Di Kecamatan Malangke Kabupaten Luwu Utara." *Jurnal* 151:10–17.
- Widiasari. 2020. "Sistem Pengontrolan dan Monitoring Budidaya Sarang Burung Walet Berbasis Android." *Jurnal Teknologi Informasi* 12(3): 88–95.