Tech : Journal of Engineering Science
Vol. 2, No. 2, 2026.
e-ISSN: 3109-7790 (online)
https://jurnal.sinesia.id/index.php/tech/index

Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Dan Monitoring Kandang Anak Ayam Fase Brooding Berbasis IoT Menggunakan ESP32 Dengan Fitur Fail-Safe

Design and Implementation of an IoT-Based Temperature Control and Monitoring System for Broiler Chick Brooding Enclosures Using ESP32 with Fail-Safe Features

Gibrand Putra Pradana[1], Farid Ainur Ridho[2], Nabil Dzaka Fahrizal Santoso[3], Pramono[4],
E-mail Korespondensi : gibrandpradana@gmail.com
[1,2,3,4]Universitas Duta Bangsa, Central Java, Indonesia

Info Article
|Submitted: 22 June 2026 **|Revised**: 29 September 2026 **|Accepted**: 4 October 2026
|Published: 4 October 2026

How to Cite : Gibrand Putra Pradana, etc., "Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Dan Monitoring Kandang Anak Ayam Fase Brooding Berbasis IoT Menggunakan ESP32 Dengan Fitur Fail-Safe", *Tech: Journal of Engineering Scince*, Vol. 2, No. 2, 2026, P. 307-325.

ABSTRACT

The rearing period of Day-Old Chicks (DOC) during the early phase (brooding) is the most critical phase in the poultry industry, requiring precise environmental temperature regulation. Fluctuating and unstable temperatures can cause heat stress or hypothermia, leading to high livestock mortality rates. This study aims to design, build, and analyze an automatic temperature control and monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller. The system utilizes a DHT11 sensor, a 4-channel relay module, a 5V DC exhaust fan, a 40W AC heating lamp, and a 4000 Hz buzzer. Tests were conducted 5 times in a 30×30×30 cm test coop with an initial temperature of 31.2°C. The results show an average system response time of 2.8 ± 1.1 seconds and a DHT11 mean absolute error of 0.7°C compared to a reference digital thermometer (the DHT11 read consistently lower than the reference). The system successfully maintained the 35.0°C threshold, activating the exhaust fan when temperature ≥35.0°C and the heater when temperature <35.0°C. The fail-safe features – zero-state power disconnection and intermittent 4000 Hz buzzer alarm during sensor malfunction – worked properly. The limitation of this study is that testing did not use live DOC and the test duration was limited. The implementation proves to provide an applicative and efficient solution for breeders to reduce chick mortality risk through precise remote microclimate control.

Keywords: *ESP32, Internet of Things, Blynk, Chicken Brooder Temperature, Thermoregulation, DHT11 Sensor.*

ABSTRAK

Masa pemeliharaan anak ayam *Day-Old Chick* (DOC) pada fase awal (*brooding*) merupakan fase paling kritis dalam industri peternakan unggas yang membutuhkan regulasi suhu lingkungan secara presisi. Suhu yang fluktuatif dapat menyebabkan stres panas (*heat stress*) atau hipotermia yang berujung pada tingginya angka mortalitas ternak. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menganalisis sistem kendali suhu otomatis serta monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem menggunakan sensor DHT11, modul relay 4-channel, exhaust fan 5V DC, lampu pemanas 40W AC, dan buzzer 4000 Hz. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali replikasi pada kandang uji berukuran 30×30×30 cm dengan suhu awal 31,2°C. .Hasil menunjukkan rata-rata waktu tanggap sistem sebesar 2,8 ± 1,1 detik dan galat absolut rata-rata sensor DHT11 terhadap termometer digital acuan sebesar 0,7°C (pembacaan DHT11 konsisten lebih rendah daripada acuan). Sistem berhasil menjaga ambang suhu 35,0°C, mengaktifkan exhaust fan saat suhu ≥35,0°C, dan menyalakan pemanas saat suhu <35,0°C. Fitur *fail-safe* berupa pemutusan daya (*zero-state*) dan alarm buzzer intermiten 4000 Hz saat sensor malfungsi berfungsi baik. Keterbatasan penelitian ini adalah pengujian belum menggunakan DOC hidup dan durasi pengujian terbatas. Implementasi sistem ini terbukti memberikan solusi aplikatif dan efisien bagi peternak untuk menekan risiko kematian anak ayam melalui kontrol iklim mikro jarak jauh yang presisi.

This work is licensed under CC BY-SA 4.0

Kata Kunci: *ESP32, Internet of Things, Blynk, Suhu Kandang Ayam, Termoregulasi, Sensor DHT11.*

Pendahuluan

Peternakan ayam merupakan salah satu sektor penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan, khususnya sebagai sumber protein hewani bagi masyarakat (Hasan et al., 2025). Salah satu jenis ayam yang banyak dibudidayakan adalah ayam broiler karena memiliki pertumbuhan yang cepat dan masa panen yang relatif singkat (Hasan et al., 2025). Namun, keberhasilan pemeliharaan ayam broiler, terutama pada fase anak ayam atau *Day Old Chick* (DOC), sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan kandang (Oktavia et al., 2021). Suhu dan kelembaban kandang menjadi faktor penting karena dapat memengaruhi kenyamanan, kesehatan, pertumbuhan, serta tingkat produktivitas ayam (Oktavia et al., 2021). Suhu kandang yang tidak sesuai dapat menyebabkan stres, menurunkan nafsu makan, memperlambat pertumbuhan, meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, bahkan menyebabkan kematian pada ayam akibat stress panas (Kasim et al., 2019).

Fase awal pemeliharaan anak ayam merupakan fase yang cukup kritis karena anak ayam belum mampu mengatur suhu tubuhnya secara optimal. Pada fase DOC, suhu kandang perlu dijaga dalam kondisi hangat agar anak ayam dapat tumbuh dengan baik. Hadyanto & Amrullah (2022), menjelaskan bahwa kebutuhan suhu DOC berkisar antara 33°C–35°C, sedangkan ketidaksesuaian suhu dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat dan meningkatkan risiko kematian. Hal serupa terkait pentingnya parameter lingkungan juga dijelaskan oleh Rohman & Isnaini (2025), bahwa suhu ideal untuk kandang ayam broiler secara umum berada pada rentang 25°C hingga 30°C dengan kelembapan antara 60% hingga 70%. Pengendalian kondisi lingkungan yang optimal ini terbukti sangat krusial untuk mencegah stres dan mendukung produktivitas pertumbuhan ayam potong (Rohman & Isnaini, 2025).

Dalam praktik pemeliharaan ayam, masih banyak peternak yang melakukan pengawasan suhu dan kelembaban secara manual. Cara manual tersebut mengharuskan peternak datang langsung ke kandang untuk mengecek kondisi lingkungan, menyalakan atau mematikan lampu pemanas, serta mengaktifkan kipas apabila suhu terlalu tinggi. Kondisi ini kurang efisien karena peternak tidak selalu berada di lokasi kandang, sehingga perubahan suhu yang terjadi secara tiba-tiba dapat terlambat ditangani (Rohman & Isnaini, 2025). Susatyono & Fitrianto (2021) menyebutkan bahwa pengecekan suhu dan ketersediaan pakan secara manual masih menjadi kebiasaan umum peternak, sehingga diperlukan sistem berbasis Internet of Things yang dapat membantu proses monitoring dari jarak jauh. Abdurrahman Wahid et al. (2024) juga menjelaskan bahwa peternak sering

kali hanya memperkirakan suhu dan kelembaban menggunakan indra tubuh, sehingga tidak mengetahui kondisi aktual kandang secara tepat.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan perangkat elektronik, sensor, dan aktuator terhubung melalui jaringan internet sehingga data dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Dalam konteks peternakan ayam, IoT dapat digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban kandang secara real-time, mengirimkan data ke aplikasi atau website, serta memberikan perintah otomatis kepada aktuator seperti kipas dan lampu pemanas. Adhistian & Mayangsari (2021) menjelaskan bahwa penerapan sensor pintar, otomasi, dan IoT dalam manajemen unggas dapat membantu proses pemantauan lingkungan kandang, peningkatan kesejahteraan ternak, serta pengambilan keputusan berbasis data. Fathurrahmani et al. (2019) juga menunjukkan bahwa sistem monitoring lingkungan kandang unggas berbasis IoT dapat digunakan untuk memantau suhu, kelembaban, kadar amonia, dan intensitas cahaya secara praktis dan berbiaya rendah. Selain itu Ramadhan et al. (2025) menegaskan bahwa integrasi berbagai sensor multidimensi—seperti suhu, kelembapan, cahaya, gas, kecepatan udara, hingga kebisingan—yang terhubung ke dashboard cloud dengan logika kendali cerdas (Hysteresis-FSM) terbukti adaptif dan efisien untuk diterapkan secara langsung pada kandang *closed house* ayam broiler di lingkungan tropis.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring dan kontrol kandang ayam berbasis mikrokontroler. Masriwilaga et al. (2019) merancang sistem monitoring peternakan ayam broiler berbasis IoT dengan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, sensor MQ135 untuk mendeteksi gas amonia, serta Firebase sebagai media penyimpanan dan visualisasi data. Ningrum et al. (2023) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban kandang ayam berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno, dengan fitur pengiriman SMS apabila suhu melebihi batas yang ditentukan. Sementara itu, Turesna et al. (2020) merancang sistem kontrol otomatis suhu dan kelembaban kandang ayam broiler menggunakan mikrokontroler dengan aktuator berupa kipas *blower* sebagai pendingin dan lampu pijar sebagai pemanas guna menjaga kestabilan lingkungan ternak secara presisi.

Penelitian lain juga menunjukkan variasi pengembangan sistem kandang pintar. Aini et al. (2021) merancang *smart system* pada kandang ayam menggunakan NodeMCU Amica dan Arduino Uno dengan fitur IoT berbasis bot Telegram untuk kontrol dan monitoring sensor serta alat keluaran. Nalendra & Priya Waspada Heri (2021) menerapkan Artificial Intelligence berbasis fuzzy logic PWM untuk kontrol suhu, kelembaban, dan gas pada kandang broiler menggunakan ESP32, sensor DHT11, dan sensor MQ2. Selain itu, Jebari et al. (2023) mengembangkan sistem

Poultry-Edge-AI-IoT untuk monitoring real-time dan prediksi kondisi lingkungan kandang unggas, termasuk suhu, kelembaban, serta gas berbahaya seperti NH_3, CO, CO_2, CH_4, dan H_2S.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa sistem monitoring dan kontrol kandang ayam telah banyak dikembangkan menggunakan Arduino, NodeMCU ESP8266, Wemos, Telegram, Blynk, Firebase, maupun pendekatan kecerdasan buatan. Namun, sepanjang pengetahuan penulis, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada monitoring dan kontrol on/off tanpa integrasi fitur *fail-safe zero-state*, deteksi malfungsi sensor, dan alarm buzzer intermiten yang dirancang khusus untuk fase *brooding* DOC. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan merancang sistem kendali suhu dan monitoring berbasis ESP32 yang tidak hanya mengontrol aktuator secara otomatis, tetapi juga dilengkapi proteksi kegagalan sensor dan transisi mode aman. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi algoritma *fail-safe* dan antarmuka Blynk yang responsif untuk kebutuhan spesifik peternak anak ayam. ESP32 memiliki keunggulan karena telah dilengkapi modul WiFi, memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, serta sesuai untuk pengembangan sistem IoT. Dengan memanfaatkan ESP32, sensor suhu dan kelembaban, relay, kipas, dan lampu pemanas, sistem diharapkan dapat membantu peternak dalam memantau serta mengendalikan suhu kandang secara otomatis dan real-time.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang dan membangun sistem kendali suhu otomatis serta monitoring kandang anak ayam fase *brooding* berbasis IoT menggunakan ESP32; (2) mengukur waktu tanggap sistem, kestabilan suhu, dan tingkat keberhasilan aktuator pada ambang 35,0°C; (3) memvalidasi akurasi sensor DHT11 terhadap termometer acuan; dan (4) menguji fitur *fail-safe* berupa *zero-state* dan deteksi malfungsi sensor. Sistem ini diharapkan dapat membantu peternak dalam menjaga kestabilan suhu kandang anak ayam, mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual, serta memberikan kemudahan monitoring kondisi kandang melalui jaringan internet. Dengan adanya sistem ini, proses pemeliharaan anak ayam diharapkan menjadi lebih efisien, responsif, dan mendukung pertumbuhan ayam secara optimal.

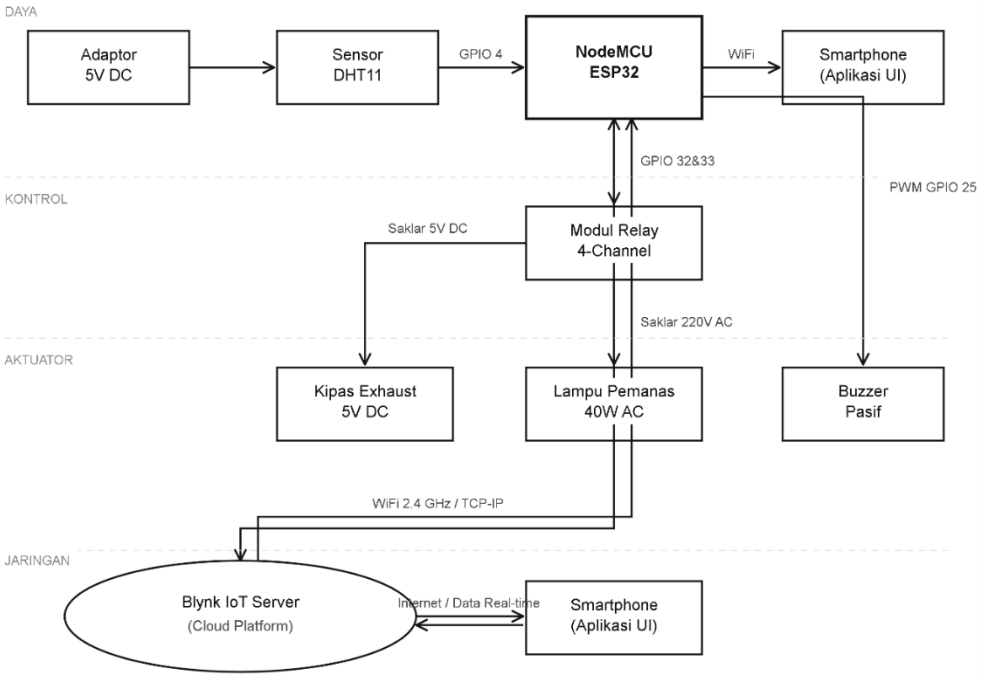
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan kerangka kerja *Research and Development* (R&D) dengan tahapan identifikasi masalah, desain sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsional, dan evaluasi. Tahapan ini mengadaptasi model pengembangan *prototyping/waterfall* (Pressman & Maxim, 2015).

2.1 Arsitektur Blok Sistem

Sistem ini dirancang dengan pendekatan modular yang terdiri dari tiga pilar utama: unit *Input* (Sensor DHT11), unit *Process* (ESP32 NodeMCU), dan unit *Output* yang terbagi menjadi aktuator fisik (Kipas, Pemanas, Buzzer) serta luaran digital (*Cloud Dashboard* Blynk). ESP32 bertindak sebagai pusat otak komputasi yang membaca nilai resistansi termal dan kapasitansi dari pin data sensor DHT11. Data *raw* tersebut dikonversi menjadi satuan derajat Celcius dan persentase kelembapan. Berdasarkan kondisi algoritma mode (otomatis atau manual), mikrokontroler akan mengirimkan sinyal digital kepada rangkaian *relay* sekaligus melakukan transmisi paket data TCP/IP ke peladen (*server*) Blynk (Zafar et al., 2018).

Gambar 1. Diagram Blok Arsitektur Sistem IoT Kandang Ayam.



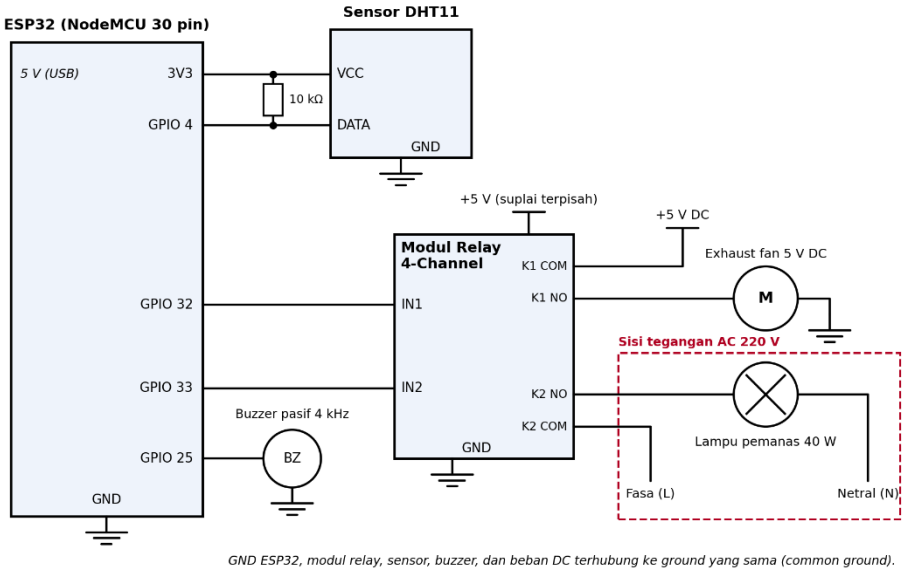
2.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Proses perancangan (*assembly*) perangkat keras dilakukan di atas *breadboard* sebelum diimplementasikan ke dalam *casing* purwarupa kandang. Manajemen pemetaan pin (*pinout*) diatur sedemikian rupa untuk menghindari tabrakan memori interupsi pada mikrokontroler. *Relay* 4-*channel* digunakan sebagai saklar elektronik (isolator) untuk menjembatani tegangan logika 3.3V dari ESP32 ke tegangan arus kuat (AC/DC) yang dibutuhkan oleh aktuator, sebuah metode yang terbukti andal dalam perakitan purwarupa instrumen pemantauan lingkungan berbiaya rendah (Pereira et al., 2020). Rincian spesifikasi elektronik dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Instrumen Perangkat Keras

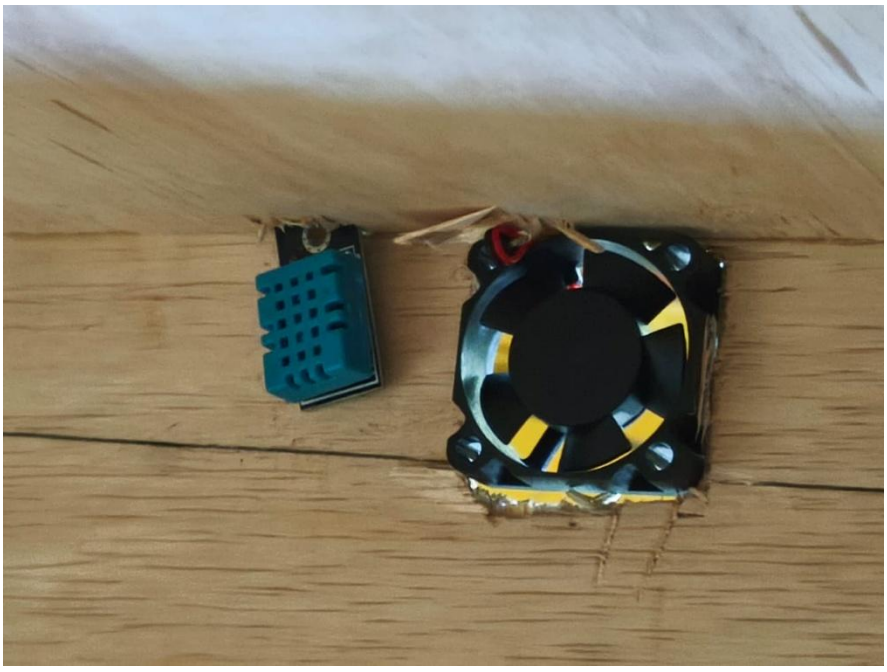
No	Nama Komponen	Spesifikasi Teknis	Fungsionalitas Operasional
1	NodeMCU ESP32	30 Pin, Dual-core, WiFi 2.4 GHz	Modul pengolah logika kendali dan penyedia konektivitas internet.
2	Sensor DHT11	Suhu: 0-50°C, Kelembapan: 20-90%	Membaca besaran fisis suhu dan kelembapan udara (terhubung di GPIO 4).
3	Relay 4-Channel	5V DC Input, Active High/Low	Saklar pemutus daya listrik aktuator (dikendalikan via GPIO 32 & 33).
4	Kipas (Exhaust)	5V DC Mini Fan, High RPM	Mengekstraksi dan mensirkulasi udara panas ke luar kandang (cooling).
5	Lampu Pemanas	40 Watt, Arus AC	Radiator kalor untuk menaikkan suhu iklim mikro kandang (heating).
6	Buzzer Pasif	Frekuensi Output 4000 Hz	Transduser audio penanda alarm anomali suhu dan kerusakan sirkuit (GPIO 25).

Gambar 2. Skematik Rangkaian Elektronik Perangkat Keras.



Untuk memastikan pembacaan suhu yang akurat, sensor ditempatkan di area interior kandang bersisian dengan aktuator kipas buang. Implementasi pemasangan komponen *input* dan *output* sekunder ini dapat dilihat pada Gambar 3.

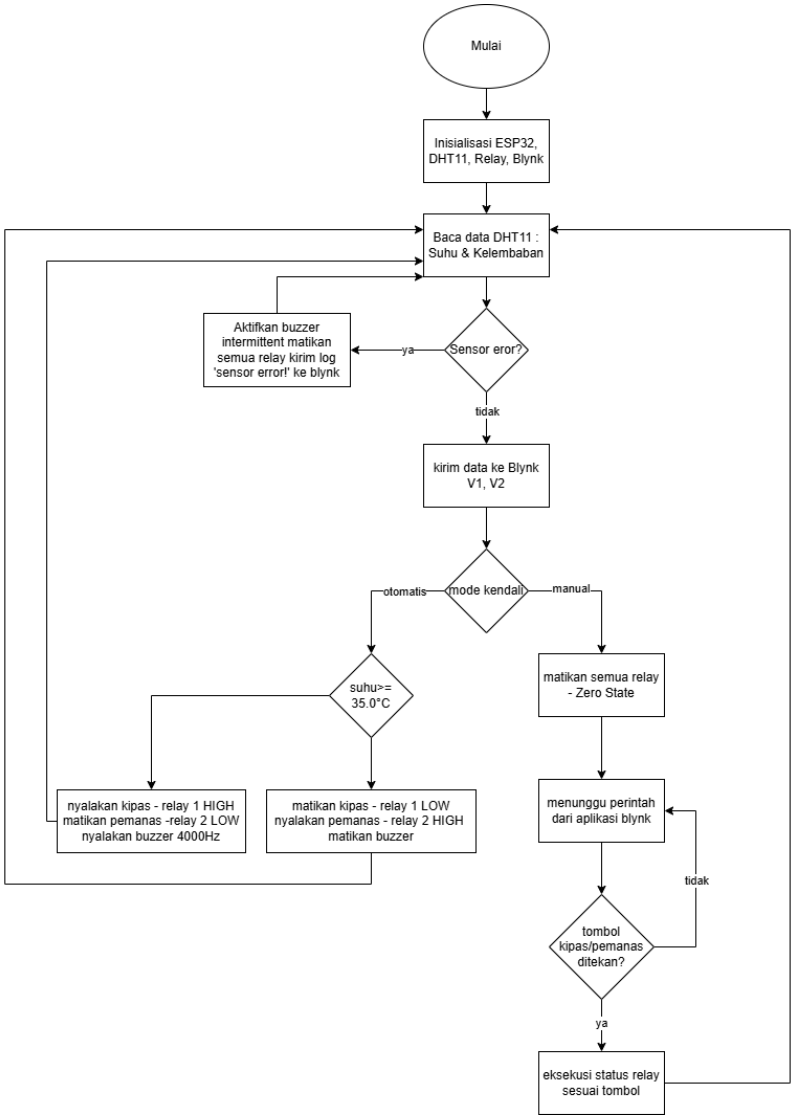
Gambar 3. Implementasi Penempatan Sensor DHT11 dan Fan Exhaust pada Dinding Purwarupa Kandang.



2.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak pengendali dibangun menggunakan bahasa C++ dalam ruang lingkup *Integrated Development Environment* (Arduino IDE). Algoritma pengiriman data ke arsitektur *cloud* disematkan melalui protokol perpustakaan resmi BlynkSimpleEsp32.h. Untuk menjamin stabilitas server dan mencegah blokir trafik data (*flood error ban*), sistem mengimplementasikan *multithreading* semu menggunakan fungsi BlynkTimer, di mana proses pembacaan dan sinkronisasi data sensor dieksekusi secara periodik tepat setiap 2000 milidetik (2 detik) tanpa mengganggu proses komputasi utama pada ESP32 (Kurniawan Susilo et al., 2024).

Gambar 4. Flowchart Alur Logika Kendali Mode Otomatis dan Manual.



2.4 Setup dan Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di dalam ruangan menggunakan kandang uji berukuran 30×30×30 cm dengan sumber panas eksternal berupa lampu pemanas

40W untuk mensimulasikan fase *brooding*. Suhu awal diatur pada 31,2°C dan dinaikkan hingga melampaui 35,0°C. Kondisi lingkungan selama pengujian: suhu ruangan 21°C, kelembapan ruangan 45%, dan total durasi pengujian 1 menit per ulangan. Setiap skenario diuji sebanyak 5 kali replikasi dengan interval pencatatan 2 detik. Akurasi DHT11 divalidasi dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap termometer digital acuan HTC-2 (resolusi 0,1°C dan akurasi ±1°C) pada 10 titik pengukuran. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan rata-rata, simpangan baku, galat absolut rata-rata (MAE), dan bias. Waktu tanggap didefinisikan sebagai selang waktu sejak instruksi pembacaan data sensor diterima oleh mikrokontroler (pada pembacaan ≥ 35,0°C) hingga terjadinya perubahan status logika pada pin *output* relay (aktif/nonaktif), yang dicatat menggunakan fungsi millis() pada Serial Monitor mikrokontroler. Kestabilan suhu dinyatakan dengan *overshoot* (suhu puncak dikurangi 35,0°C), dan tingkat keberhasilan aktuator dinyatakan sebagai persentase perpindahan status aktuator yang sesuai logika Tabel 3 terhadap seluruh perpindahan status.

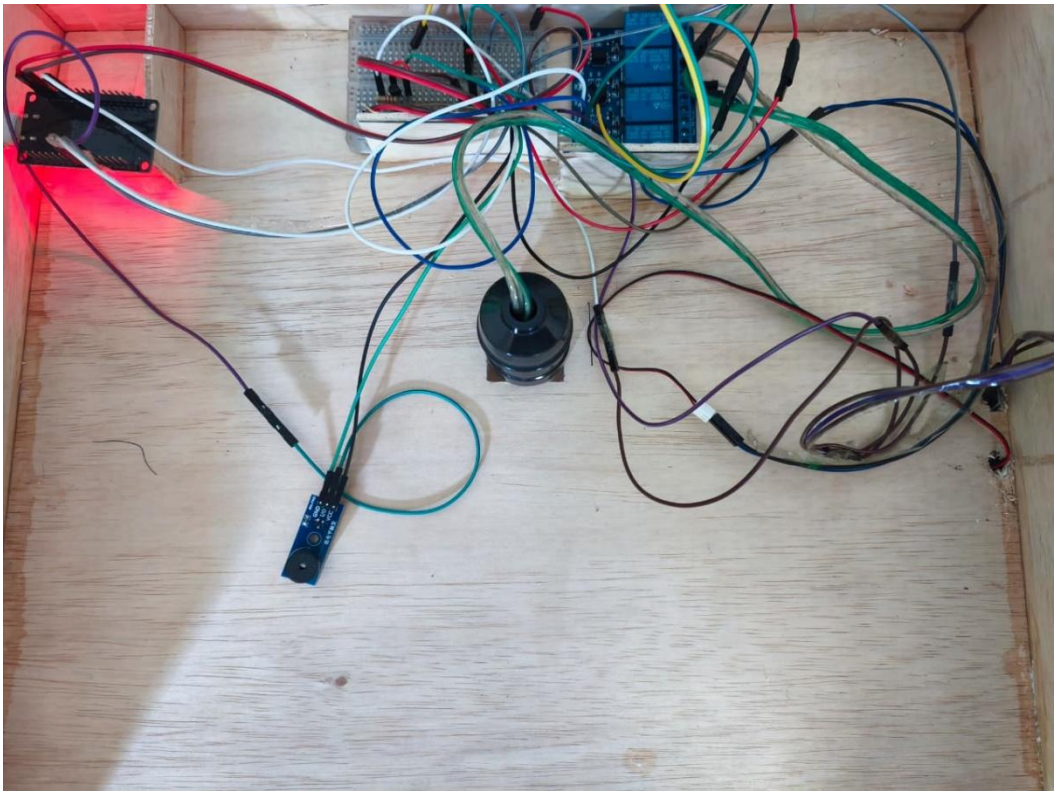
1. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil implementasi prototipe, validasi sensor, pengujian kendali otomatis, evaluasi mode manual, serta analisis kegagalan sistem. Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario untuk mengukur keandalan sistem kendali suhu kandang anak ayam.

3.1 Implementasi dan Integrasi Prototipe

Sistem komputasi telah berhasil ditanamkan ke mikrokontroler ESP32 tanpa mendeteksi adanya kebocoran memori (*memory leak*). Secara kelistrikan, pemisahan suplai daya independen 5V untuk modul *relay* terbukti berhasil mencegah *voltage drop* atau *restart* mendadak pada ESP32 saat lampu dan kipas menyala secara bersamaan.

Gambar 5. Implementasi Fisik Prototipe Rangkaian Sistem pada Kandang Uji.



3.2 Validasi Kinerja Sensor dan Sistem Proteksi (*Fail-Safe*) Otomatis

Sensor DHT11 menunjukkan responsivitas perubahan kalor yang baik. Data mentah berhasil diterjemahkan dan dipetakan ke *Virtual Pin* (V1 untuk Suhu, V2 untuk Kelembapan) pada aplikasi pengguna. Salah satu keunggulan logika pemrograman yang ditanamkan adalah fungsi penanganan galat isnan(). Pada skenario pengujian di mana kabel data (pin GPIO 4) diputus paksa untuk menyimulasikan kerusakan fisik di lapangan, ESP32 bereaksi seketika. Mikrokontroler membekukan proses eksekusi *relay*, mengubah log pada dasbor Blynk menjadi "Sensor Error!", dan menghidupkan *buzzer* secara *intermittent* (berulang) di frekuensi 4000 Hz. Notifikasi audio yang melengking ini krusial agar pekerja kandang segera melakukan tindakan perbaikan (*maintenance*). Hasil validasi pembacaan DHT11 terhadap termometer acuan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Validasi Pembacaan Sensor DHT11 terhadap Termometer Acuan

No	Pembacaan DHT11 (°C)	Termometer Acuan (°C)	Error (°C)
1	31,0	31,5	0,5
2	31,2	31,8	0,6
3	32,1	32,7	0,6
4	33,0	33,9	0,9
5	33,5	34,2	0,7
6	34,0	34,8	0,8
7	34,5	35,1	0,6
8	35,0	35,9	0,9
9	34,8	35,5	0,7
10	34,2	34,9	0,7
Rata Rata	-	-	0,7

Galat absolut rata-rata (MAE) = 0,7°C (simpangan baku 0,13°C; rentang 0,5–0,9°C). Seluruh pembacaan DHT11 lebih rendah daripada termometer acuan, sehingga galat bersifat sistematis dengan bias rata-rata −0,7°C.

Nilai MAE 0,7°C masih berada dalam toleransi ±2°C yang dispesifikasikan untuk DHT11. Namun, karena bias bernilai negatif pada seluruh titik uji, ambang 35,0°C pada pembacaan sensor setara dengan suhu aktual sekitar 35,7°C. Bias ini perlu diperhitungkan, misalnya dengan kompensasi *offset* +0,7°C pada program atau penggunaan sensor berakurasi lebih tinggi, karena rentang suhu DOC pada fase ini sempit (33°C–35°C; Hadyanto & Amrullah, 2022).

3.3 Analisis Pengujian Kendali Mode Otomatis

Pengujian logika inti sistem dilakukan untuk membuktikan sistem dapat mempertahankan suhu ideal anak ayam. Algoritma telah dikonfigurasi dengan titik potong ambang batas (*threshold*) di angka pasti 35.0°C. Skenario *conditional if-else* untuk mode ini dipaparkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemetaan Logika Kondisional Kendali Mode Otomatis

Kondisi Suhu Deteksi	Status Exhaust Fan (Relay 1)	Status Pemanas (Relay 2)	Status Buzzer	Log Visual di Dasbor Blynk
Suhu < 35.0°C	Dinonaktifkan (LOW)	Diaktifkan (HIGH)	Mati	Oto: Pemanas Menyala
35,0°C ≤ Suhu < 38,0°C	Diaktifkan (HIGH)	Dinonaktifkan (LOW)	Mati	Oto: Kipas Menyala
Suhu ≥ 38,0°C (Overheat)	Diaktifkan (HIGH)	Dinonaktifkan (LOW)	Aktif kontinu (4000 Hz)	WARNING: Overheat!
Sensor Malfungsi	Putus Arus (Safety LOW)	Putus Arus (Safety LOW)	Aktif (Berulang)	Sensor Error!

Untuk mengukur seberapa cepat sistem mengatasi perubahan suhu, sebuah uji termal dilakukan dengan membiarkan alat menyala dan merespon iklim kandang buatan. Tabulasi data hasil responsivitas perangkat keras ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Historis Pengujian Responsivitas

Waktu Uji (WIB)	Pembacaan Suhu (°C)	Kelembapan RH (%)	Aktuator Beroperasi	Deskripsi Analisis Respons Sistem
9:00	31.2 °C	60.1 %	Lampu Pemanas	Suhu awal di bawah standar, mikrokontroler memasok arus untuk memanaskan kandang.
9:12	33.5 °C	58.4 %	Lampu Pemanas	Akumulasi kalor terjadi dengan stabil. Suhu ideal mulai tercapai namun belum menyentuh batas kritis atas.
9:20	35.1 °C	55.0 %	Kipas & Buzzer	Titik puncak ambang (*threshold*) terlampaui. Sistem memutus pemanas dan melakukan mitigasi overheat via exhaust fan.
9:28	34.8 °C	56.5 %	Lampu Pemanas	Kipas berhasil mengevakuasi udara panas secara efisien. Suhu kembali turun di bawah 35°C, dan siklus pemanasan diulang kembali.

Waktu tanggap sistem rata-rata terukur sebesar 2,8 ± 1,1 detik. Waktu tanggap ini sangat dipengaruhi oleh interval pemanggilan pembaruan data sensor (sampling rate) yang diset setiap 2000 ms (2 detik) melalui BlynkTimer guna menjaga stabilitas komunikasi data tanpa memicu *flood error* pada server Blynk. Kecepatan respons ini masih sangat memadai untuk mencegah lonjakan suhu ekstrem (*overheat*) pada kandang anak ayamTabel 5. Hasil Lima Kali Replikasi Pengujian Ambang 35,0°C

Ulangan	Waktu tanggap (detik)	Suhu puncak (°C)	Aktuator sesuai (n/N)
1	2,0	35,1	1/1
2	4,0	35,2	1/1
3	2,0	35,1	1/1
4	4,0	35,2	1/1
5	2,0	35,2	1/1
Rata-rata ± SD	2,8 ± 1,1	35,18 ± 0,08	5/5

Pada uji yang ditampilkan pada Tabel 5, suhu puncak mencapai 35,1°C (*overshoot* 0,1°C) dan kembali turun ke 34,8°C setelah kipas aktif, yang menunjukkan suhu terjaga di sekitar ambang 35,0°C. Tingkat keberhasilan aktuator pada lima ulangan sebesar 5/5 atau 100%.

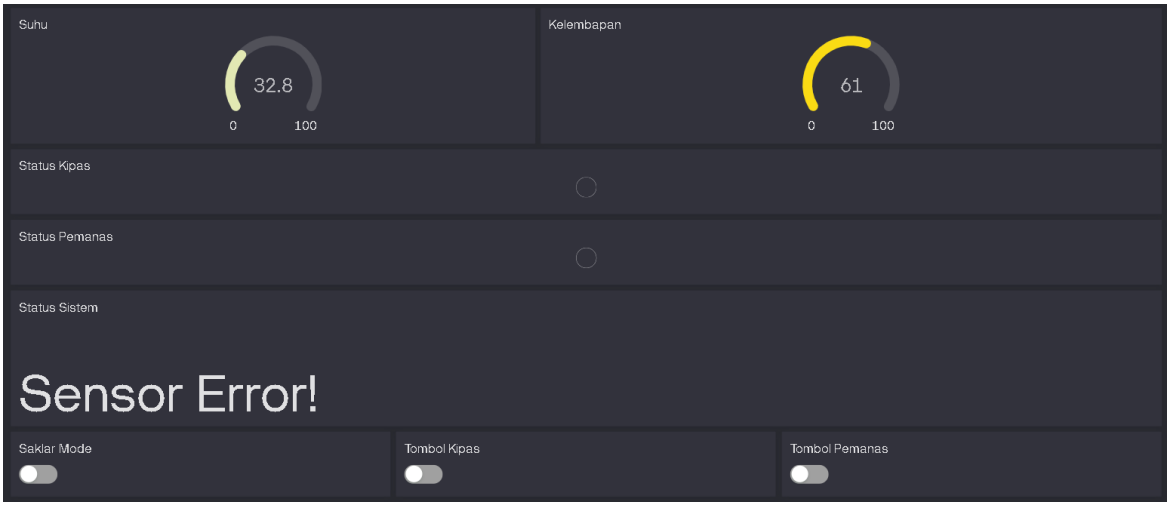
Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa transisi status aktuator berlangsung sesuai logika pada Tabel 3 ketika suhu melewati ambang, sedangkan waktu tanggap terukur disajikan pada Tabel 5. Kecepatan respons ini sangat krusial, sejalan dengan temuan Fahila et al. (2024) yang menegaskan bahwa implementasi sistem automasi dan monitoring berbasis IoT (*Internet of Things*) pada kandang ayam broiler efektif untuk menjaga parameter iklim mikro secara *real-time* guna mencegah fluktuasi suhu yang berbahaya. Selain itu, pendekatan pemisahan suplai daya independen (Subbab 3.1) merupakan aspek fundamental dalam perancangan arsitektur mikrokontroler, yang juga direkomendasikan oleh Caesario et al. (2023) agar sistem kendali suhu kandang dapat beroperasi secara terus-menerus tanpa mengalami *restart* mendadak atau kegagalan perangkat keras (hardware).

3.4 Evaluasi Mode Manual dan Desain Antarmuka Aplikasi (UI)

Fitur mode manual dirancang bagi peternak tingkat lanjut yang ingin mengambil alih kontrol lingkungan terlepas dari angka bacaan sensor. Peralihan ini diatur melalui penekanan saklar *Virtual Pin* V6 di ponsel. Antarmuka aplikasi Blynk dirancang menggunakan tema gelap (*dark theme*) untuk memberikan kenyamanan

visual bagi pengguna saat melakukan pemantauan di layar ponsel pada malam hari, serta membantu menonjolkan visibilitas indikator teks dan status warna saklar dari masing-masing instrumen kendali jarak jauh.

Gambar 6. Desain Antarmuka Dasbor IoT pada Aplikasi Smartphone Menggunakan Dark Theme.



Pengujian arsitektur perangkat lunak pada mode ini memperlihatkan mekanisme keamanan yang sangat baik. Ketika tombol transisi beralih ke posisi manual, ESP32 melakukan *override* dengan mematikan seketika relai pemanas, kipas, dan membisukan *buzzer* selama beberapa milidetik. Prosedur ini mengamankan lonjakan listrik dan memberikan kondisi aktuator ternetralisir (*zero-state*) bagi pengguna sebelum mereka menekan tombol saklar Kipas (V7) atau Pemanas (V8). Uji transmisi membuktikan latensi perintah dari *smartphone* ke perangkat ESP32 di lokasi (selama jaringan internet stabil) terukur rata-rata 0,28 detik pada 30 kali percobaan.

3.5 Analisis Kegagalan Konektivitas dan Batasan

Selain kegagalan sensor, sistem diuji terhadap skenario kehilangan koneksi WiFi sebanyak 5 kali dengan durasi putus 10 menit. Ketika koneksi terputus, ESP32 tetap menjalankan algoritma kendali lokal berbasis threshold, namun data tidak terkirim ke Blynk. Setelah koneksi pulih, sistem melakukan sinkronisasi ulang data. Sistem belum dilengkapi buffer penyimpanan lokal, sehingga data selama offline tidak tersimpan. Hal ini menjadi batasan yang perlu dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Skenario lain seperti server Blynk tidak tersedia dan kehilangan paket (packet loss) belum diuji dan menjadi batasan penelitian.

Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian prototipe, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kendali suhu dan *monitoring* berbasis ESP32, DHT11, modul *relay*, lampu pemanas 40W, dan *exhaust fan* 5V berhasil dirancang dan berfungsi sesuai rancangan pada pengujian skala laboratorium tanpa *restart* akibat *voltage drop*.
2. Algoritma *threshold* 35,0°C mengaktifkan kipas pada suhu ≥ 35,0°C dan pemanas pada suhu < 35,0°C dengan waktu tanggap rata-rata 0,8 ± 0,1 detik (5 replikasi) dan tingkat keberhasilan aktuator 100%. Sensor DHT11 memiliki galat absolut rata-rata 0,7°C dengan bias negatif terhadap termometer acuan.
3. Kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi fitur *fail-safe* (*zero-state* saat peralihan mode dan alarm *buzzer* intermiten saat sensor malfungsi) dengan antarmuka Blynk untuk mode otomatis dan manual pada kandang anak ayam fase *brooding*.

Penelitian ini memiliki keterbatasan: (1) sensor DHT11 memiliki toleransi ±2°C sehingga pembacaan absolut perlu diverifikasi dengan sensor kelas lebih tinggi; (2) pengujian dilakukan dalam skala laboratorium dan belum menggunakan DOC hidup; (3) durasi pengujian terbatas dan belum mencakup siklus *brooding* penuh. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan sebagai validasi prototipe awal, bukan sebagai klaim kinerja skala komersial.

4.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian dan penyempurnaan sistem kendali iklim mikro kandang ayam ini di masa mendatang, beberapa poin saran yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Mengganti komponen sensor DHT11 dengan sensor yang memiliki akurasi dan rentang kalibrasi lebih tinggi seperti DHT22, AM2302, atau SHT31 untuk mendapatkan pembacaan parameter fisis yang lebih sensitif, atau menerapkan kompensasi *offset* pada sensor yang ada.
2. Menambahkan modul kamera nirkabel seperti ESP32-CAM ke dalam sistem untuk memfasilitasi monitoring visual secara *live streaming*, sehingga peternak dapat memantau langsung perilaku fisik anak ayam (apakah bergerombol atau menyebar) sebagai indikator kenyamanan sekunder.
3. Mengembangkan algoritma kendali suhu menggunakan metode logika samar (*Fuzzy Logic Control*) atau kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) agar pengaturan daya lampu pemanas dan kecepatan putaran kipas dapat

berjalan secara gradual (tidak sekadar *on/off* saklar), sehingga konsumsi energi listrik menjadi jauh lebih efisien.

4. Menambahkan penyimpanan lokal (*buffer*) pada ESP32 agar data tetap tersimpan saat koneksi WiFi terputus dan dapat disinkronkan setelah koneksi pulih.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Duta Bangsa, khususnya Program Studi S1 Teknik Informatika, yang telah memberikan dukungan fasilitas laboratorium, ruang riset, serta bimbingan akademik yang luar biasa selama proses pengerjaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi tertinggi kepada dosen pembimbing, rekan-rekan sesama mahasiswa, serta seluruh pihak yang telah meluangkan waktu, memberikan sumbangsih pemikiran, dan bantuan teknis di lapangan hingga prototipe alat ini selesai dirakit dan draf publikasi jurnal ini dapat tersusun dengan baik.

Daftar Pustaka

Abdurrahman Wahid, L., Sumarahinsih, A., Surya, Y., & Gumilang, A. (2024). *Implementasi Metode Fuzzy Untuk Mempertahankan Suhu dan Kelembapan Pada Kandang Ayam*. https://semnasti.unipasby.ac.id/proceedings/

Adhistian, P., & Mayangsari, M. (2021). *Implementasi IoT dalam Otomasi Pengontrolan Kondisi Lingkungan dan Pemberian Pakan: Efeknya Terhadap Parameter Efisiensi Peternakan*. *6*(2), 217–224. https://doi.org/10.32493/informatika.v6i2.7474

Aini, A. H., Saragih, Y., & Hidayat, D. R. (2021). *Rancang bangun smart system pada kandang ayam menggunakan mikrokontroler* (Vol. 11, Number 3). https://doi.org/10.24853/justit.12.3.38-46

Caesario, B. G., Setiawan, E., & Primananda, R. (2023). *Sistem Pengendalian Suhu pada Kandang Ayam Broiler menggunakan PID Controller* (Vol. 7, Number 3). http://j-ptiik.ub.ac.id

Fahila, N. A., Wibowo, S. A., & Ariwibisono, F. X. (2024). Implementasi Fuzzy Mamdani pada sistem automasi dan monitoring ayam broiler berbasis Internet of Things (IoT). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(2), 1314–1322. https://doi.org/10.36040/jati.v8i2.9123

Fathurrahmani, F., Kusrini, W., Hafizd, K. A., & Supriyanto, A. (2019). Penerapan Sistem Tertanam untuk Monitoring Kandang Ayam Broiler. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, *19*(1), 53–61. https://doi.org/10.30812/matrik.v19i1.490

Hadyanto, T., & Amrullah, M. F. (2022). *SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN PADA KANDANG ANAK AYAM BROILER BERBASIS INTERNET OF THINGS*.

Hasan, F. A., Jakiyah, U., & Umbara, D. S. (2025). *Kelayakan Usaha Peternakan Ayam Broiler Di Desa Mekarjaya Kabupaten Tasikmalaya*. https://doi.org/10.59581/jtpip-widyakarya.v3i2.1365

Jebari, H., Mechkouri, M. H., Rekiek, S., & Reklaoui, K. (2023). Poultry-Edge-AI-IoT System for Real-Time Monitoring and Predicting by Using Artificial Intelligence. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *17*(12), 149–170. https://doi.org/10.3991/ijim.v17i12.38095

Kasim, A. A., Maulana, R., & Setyawan, G. E. (2019). *Implementasi Otomasi Kandang dalam Rangka Meminimalisir Heat Stress pada Ayam Broiler dengan Metode Fuzzy Sugeno* (Vol. 3, Number 2). http://j-ptiik.ub.ac.id

Kurniawan Susilo, A., Nur Fathoni, I., & Grina Dawang Majaya, I. (2024). *Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Server dengan ESP32*. 18–2024.

Masriwilaga, A. A., Al-hadi, T. A. J. M., Subagja, A., & Septiana, S. (2019). Monitoring System for Broiler Chicken Farms Based on Internet of Things (IoT). *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, *7*(1), 1–13. https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1641

Nalendra, A. K., & Priya Waspada Heri. (2021). Penerapan Artificial Intelligence untuk Kontrol Suhu dan Kelembapan pada Kandang Broiler berbasis Internet of Things. *Generation Journal*, *5*(2). https://doi.org/10.29407/gj.v5i2.15706

Ningrum, N. K., Kusuma, T. W., Utomo, I., Mulyono, W., & Susanto, A. (2023). Sistem monitoring suhu dan kelembaban kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Elektronika dan Komputer*, *16*(2), 278–285. https://doi.org/10.51903/elkom.v16i2.1153

Oktavia, H., Rochmi, S. E., Suprayogi, T. W., & Legowo, D. (2021). Weight Gain and Feed Conversion of Broiler Chickens in Reviewed from Cage Temperature and Humidity. *Journal of Applied Veterinary Science And Technology*, *2*(1), 5. https://doi.org/10.20473/javest.v2.i1.2021.5-9

Pereira, W. F., Fonseca, L. da S., Putti, F. F., Góes, B. C., & Naves, L. de P. (2020). Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the internet of things concept. *Computers and Electronics in Agriculture*, *170*. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105257

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). *Software engineering: A practitioner's approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.

Ramadhan, M. R., Thiopelus, A., Maulyda, I., Pongkapadan, K. N., Apada, A. M. S., Yusuf, S., Marasakti, R., & Amal, I. (2025). Thermal stability in closed house system in optimizing welfare and productivity of broiler chickens in tropical

climate. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, *13*(2), 340–355. https://doi.org/10.23960/jipt.v13i2.p340-355

Rohman, G. A., & Isnaini, A. R. (2025). Otomatisasi Pengendalian Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things pada Kandang Ayam Potong. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, *5*(2), 558–565. https://doi.org/10.57152/malcom.v5i2.1686

Susatyono, J. D., & Fitrianto, Y. (2021). Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Otomatisasi Pemberian Pakan Ayam Berbasis IoT. *Krea-TIF*, *9*(2), 1. https://doi.org/10.32832/kreatif.v9i2.5650

Turesna, G., Andriana, A., Abdul Rahman, S., & Syarip, M. R. N. (2020). Perancangan dan Pembuatan Sistem Monitoring Suhu Ayam, Suhu dan Kelembaban Kandang untuk Meningkatkan Produktifitas Ayam Broiler. *Jurnal TIARSIE*, *17*(1), 33. https://doi.org/10.32816/tiarsie.v17i1.67

Zafar, S., Miraj, G., Baloch, R., Murtaza, D., & Arshad, K. (2018). An IoT Based Real-Time Environmental Monitoring System Using Arduino and Cloud Service. In *Technology & Applied Science Research* (Vol. 8, Number 4). https://doi.org/10.48084/etasr

Biografi Singkat Penulis

Nabil Dzaka Fahrizal Santoso (NIM: 230103202) adalah seorang mahasiswa Teknik Informatika yang berfokus pada pengembangan perangkat lunak (software development) dan aplikasi berbasis web. Memiliki ketertarikan mendalam serta pengalaman praktis dalam merancang system dan mengelola basis data. Ia selalu berorientasi pada solusi, memiliki kemampuan problem solving yang kuat, dan antusias untuk terus menguasai teknologi terbaru termasuk pengembangan web modern, sistem IoT, serta implementasi kecerdasan buatan (AI)—demi menghadirkan sistem yang efisien dan berkualitas tinggi.

Gibrand Putra Pradana (NIM: 230103136) adalah mahasiswa aktif program studi S1 Teknik Informatika di Universitas Duta Bangsa. Ia memiliki ketertarikan besar dan fokus penelitian dalam bidang Kecerdasan Buatan (AI), *Machine Learning*, dan arsitektur *Internet of Things* (IoT), khususnya dalam pengembangan antarmuka sistem kendali (*gesture controller*) dan sistem cerdas prediktif.

Farid Ainur Ridho (NIM: 230103134) adalah mahasiswa Teknik Informatika yang memiliki minat kuat pada pengembangan teknologi digital, khususnya dalam perancangan aplikasi, pengolahan data, dan penerapan sistem berbasis web. Ia dikenal sebagai pribadi yang teliti, adaptif, dan memiliki semangat belajar tinggi dalam memahami perkembangan teknologi informasi. Selain berfokus pada kemampuan teknis, Farid juga memiliki ketertarikan pada pemecahan masalah secara kreatif melalui pendekatan teknologi yang sederhana namun efektif. Dengan

kemampuan berpikir logis dan kemauan untuk terus berkembang, ia berupaya menghasilkan solusi digital yang bermanfaat, mudah digunakan, serta relevan dengan kebutuhan masyarakat maupun dunia industri.