

PENGEMBANGAN SISTEM MIKROKLIMAT KANDANG DOD (DAY OLD DUCK) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK Mendukung KELANGSUNGAN HIDUP DAN KESEHATAN BUDIDAYA BEBEK

Sarah Ika Puspita Arum, Rudi Susanto, Joni Maulindar

Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta

Jalan Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah

sarahika5578@gmail.com

ABSTRAK

Day Old Duck (DOD) merupakan fase awal pemeliharaan bebek yang sangat rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Ketidakstabilan suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas amonia di dalam kandang dapat menyebabkan stres lingkungan yang berdampak pada kesehatan DOD. Permasalahan tersebut umumnya terjadi karena pemantauan kondisi kandang masih dilakukan secara manual sehingga perubahan lingkungan sering terlambat terdeteksi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol mikroklimat kandang DOD berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan kandang secara real-time. Metode penelitian menggunakan model ADDIE yang meliputi Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32, sensor DHT22, sensor MQ-135, heater, kipas intake, dan kipas exhaust yang terhubung dengan Firebase dan website monitoring. Pengujian dilakukan selama tujuh hari pada kandang DOD berukuran 40 × 40 cm yang berisi tiga ekor DOD dengan interval pengambilan data setiap tiga detik. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol mikroklimat secara otomatis dan real-time dengan total data sebanyak 201.601 baris. Rata-rata suhu kandang sebesar 30,64 °C, kelembapan 79,78%, dan konsentrasi amonia 17,61 ppm. Sistem mampu menjaga kondisi mikroklimat mendekati standar kebutuhan DOD sehingga berpotensi membantu menjaga kualitas lingkungan kandang.

Kata kunci : DOD, Internet of Things, Mikroklimat, ESP32, Monitoring Real-Time, MQ-135

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan potensi besar pada sektor peternakan, termasuk budidaya itik yang terus mengalami peningkatan setiap tahunnya [1]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, populasi itik di Indonesia mencapai 43.549.785 ekor dengan Provinsi Jawa Tengah sebagai salah satu sentra utama mencapai 6.194.682 ekor [2]. Tingginya populasi tersebut menunjukkan bahwa usaha ternak itik memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan peningkatan pendapatan masyarakat [3]. Namun, peningkatan populasi ini juga menuntut adanya sistem pemeliharaan yang optimal, terutama pada fase awal kehidupan itik [4].

Fase Day Old Duck (DOD) merupakan fase itik berusia 1–7 hari [5], di mana kondisi fisiologis ternak masih sangat rentan terhadap perubahan lingkungan [6][7]. Oleh karena itu, kestabilan mikroklimat kandang seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara menjadi faktor utama yang memengaruhi kesehatan dan kelangsungan hidup DOD [8]. Suhu ideal pemeliharaan DOD berkisar antara 32–35°C dengan kelembapan sekitar 60–70% [9]. Selain itu, kadar gas amonia (NH₃) sebaiknya berada di bawah 25 ppm, karena apabila melebihi batas tersebut dapat menyebabkan stres, gangguan pernapasan, penurunan daya tahan tubuh, hingga kematian pada ternak [10][11]. Gas amonia yang berasal dari penumpukan

kotoran juga bersifat korosif dan beracun meskipun tidak berwarna serta memiliki bau menyengat [12].

Pada praktiknya, pemantauan kondisi kandang di peternakan skala kecil masih dilakukan secara manual sehingga perubahan kondisi lingkungan sering terlambat terdeteksi. Fluktuasi suhu akibat perubahan cuaca maupun perbedaan siang dan malam dapat meningkatkan risiko stres lingkungan pada DOD. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian mikroklimat secara otomatis dan real-time.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring kandang berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian pada [13] menggunakan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan, namun masih terbatas pada dua parameter mikroklimat. Penelitian pada [14] mengembangkan inkubator otomatis menggunakan kipas dan lampu pemanas, tetapi distribusi panas yang dihasilkan belum optimal. Sementara itu, penelitian pada [15] telah menambahkan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas amonia, namun sistem yang dikembangkan masih berfokus pada monitoring dan belum mendukung kontrol mikroklimat secara responsif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kontrol mikroklimat kandang berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau sekaligus mengendalikan kondisi suhu, kelembapan,

dan kualitas udara secara real-time. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kondisi mikroklimat kandang dapat tetap stabil sesuai kebutuhan DOD sehingga dapat meminimalkan risiko stres lingkungan pada ternak serta meningkatkan efisiensi pemeliharaan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu implementasi teknologi IoT dalam mendukung pengelolaan budidaya itik yang lebih modern dan presisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem monitoring dan kontrol mikroklimat kandang DOD berbasis *Internet of Things* (IoT). Beberapa penelitian yang relevan menunjukkan bahwa teknologi IoT mampu membantu proses monitoring kondisi kandang secara otomatis dan *real-time*.

Penelitian pada [13] berjudul “IoT (*Internet of Things*) Sistem Pengendali dan Monitoring Suhu Serta Kelembaban Ruangan Pada Kandang Bibit Bebek” menggunakan metode *Research and Development* (R&D) model IDDE. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan ESP8266 dan sensor DHT22 untuk memantau suhu serta kelembapan kandang. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada dua parameter mikroklimat.

Penelitian pada [16] berjudul “Analisis Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis ATmega8535” menggunakan metode eksperimen dan perancangan sistem monitoring berbasis ATmega8535. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor DHT11 dan BMP085 untuk memantau suhu serta kelembapan kandang bebek dan menampilkan data pada LCD. Namun, penelitian tersebut masih menggunakan sensor DHT11 dengan tingkat akurasi yang lebih rendah dan belum melakukan monitoring gas amonia. Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan sensor DHT22 dan menambahkan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas amonia (NH₃) sehingga monitoring mikroklimat kandang dapat dilakukan secara lebih optimal.

Penelitian pada [14] berjudul “Rancang Bangun Alat Pengganti Indukan Unggas (DOC dan DOD) Dengan Menggunakan Mikrokontroler” menggunakan metode Fuzzy. Penelitian tersebut menghasilkan inkubator otomatis dengan lampu pijar dan kipas sebagai pengatur suhu. Namun, distribusi panas dari lampu pijar masih kurang merata. Penelitian ini menggunakan heater sebagai sumber panas yang lebih stabil serta menambahkan monitoring *real-time* berbasis IoT.

Penelitian pada [15] berjudul “Monitoring Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas pada Budidaya Peternakan Bebek” menggunakan metode prototyping. Sistem menggunakan sensor DHT11, MQ-135, dan sensor pH air untuk monitoring kondisi kandang. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada monitoring dan belum menerapkan kontrol

mikroklimat secara otomatis. Pada penelitian ini digunakan sensor DHT22 yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi serta penambahan *heater* dan kipas *intake-exhaust* untuk kontrol otomatis.

Penelitian pada [17] berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Kandang Bebek Berbasis *Internet of Things*” menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT11. Sistem tersebut dilengkapi lampu pemanas dan kipas serta terhubung dengan ThingSpeak untuk monitoring *real-time*. Penelitian ini dikembangkan dengan penggunaan sensor DHT22 yang lebih akurat dan penambahan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas amonia sehingga monitoring dan kontrol mikroklimat kandang menjadi lebih optimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan dengan menambahkan monitoring gas amonia, penggunaan sensor yang lebih akurat, serta kontrol otomatis berbasis IoT untuk menjaga kestabilan mikroklimat kandang DOD.

2.1. *Internet Of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke jaringan internet sehingga dapat saling bertukar data secara otomatis [18]. Teknologi IoT memungkinkan proses monitoring dan pengendalian sistem dilakukan secara real-time dari jarak jauh. Pada penelitian ini, IoT digunakan untuk monitoring dan kontrol mikroklimat kandang DOD melalui *website monitoring* yang terhubung dengan database Firebase.

2.2. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth* sehingga banyak digunakan pada sistem *Internet of Things* (IoT) [19]. Mikrokontroler ini memiliki kemampuan pemrosesan data yang cepat serta mendukung berbagai jenis sensor dan aktuator. Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali untuk membaca data sensor, mengontrol aktuator, dan mengirimkan data ke Firebase secara real-time.

2.3. Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan [20]. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan rentang pengukuran suhu -40°C hingga 80°C serta kelembapan udara dari 0% hingga 100% RH [21]. Pada penelitian ini, sensor digunakan untuk menjaga suhu kandang tetap berada pada rentang ideal 32–35°C dan kelembapan 60–70%.

2.4. Sensor MQ-135

MQ-135 merupakan sensor gas yang mampu mendeteksi amonia (NH₃), karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), benzena, dan alkohol [22]. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan konsentrasi gas di lingkungan sekitar. Pada penelitian ini, MQ-135

digunakan untuk memantau konsentrasi amonia secara *real-time* agar tetap berada di bawah batas aman 25 ppm bagi DOD.

2.5. Heater

Heater merupakan perangkat pemanas yang digunakan untuk menjaga suhu lingkungan tetap stabil [23]. Pada pemeliharaan DOD, *heater* berperan dalam mempertahankan suhu kandang pada rentang ideal sesuai kebutuhan fase awal pertumbuhan. Pada penelitian ini, *heater* dikendalikan secara otomatis oleh ESP32 berdasarkan data suhu yang diperoleh dari sensor DHT22.

2.6. Kipas Intake dan Exhaust

Kipas *intake* merupakan perangkat yang berfungsi memasukkan udara segar ke dalam kandang untuk membantu menjaga sirkulasi udara [24]. Kipas *exhaust* berfungsi mengeluarkan udara kotor dan gas amonia dari dalam kandang sehingga kualitas udara tetap terjaga [25]. Pada penelitian ini, kipas *intake* aktif ketika suhu kandang melebihi 35°C, sedangkan kipas *exhaust* aktif ketika konsentrasi amonia melebihi 25 ppm.

2.7. Modul Relay

Relay merupakan saklar elektronik yang digunakan untuk mengendalikan perangkat berdaya tinggi menggunakan sinyal dari mikrokontroler [26]. Relay bekerja sebagai penghubung antara ESP32 dengan aktuator seperti heater dan kipas. Pada penelitian ini, relay digunakan untuk mengontrol *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* secara otomatis sesuai kondisi iklim mikro kandang.

3. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini memuat metode yang digunakan pada pembuatan skripsi.

3.1. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari hasil pembacaan sensor pada prototipe sistem monitoring dan kontrol iklim mikro kandang DOD, meliputi suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22, kadar gas amonia menggunakan sensor MQ-135, serta kondisi operasional aktuator berupa *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust*. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari jurnal ilmiah, penelitian terdahulu, buku referensi, serta standar pemeliharaan *Day Old Duck* (DOD) yang berkaitan dengan *Internet of Things* (IoT), sistem monitoring lingkungan, dan kontrol iklim mikro kandang.

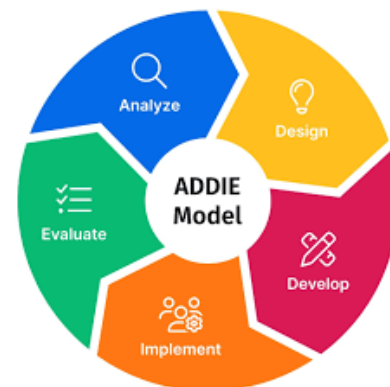
3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi langsung, pengujian sensor dan aktuator, serta dokumentasi. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi terkait

IoT, sensor lingkungan, dan sistem kontrol iklim mikro. Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi kandang DOD dan kebutuhan iklim mikro. Pengujian sensor dilakukan dengan membaca data suhu, kelembapan, dan amonia pada berbagai kondisi lingkungan. Dokumentasi dilakukan dengan mencatat proses perancangan, pengujian alat, dan tampilan website monitoring.

3.3 Metode Pengembangan Sistem

Pada gambar 1 merupakan tahapan metode pengembangan sistem menggunakan model ADDIE yang terdiri dari *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*.



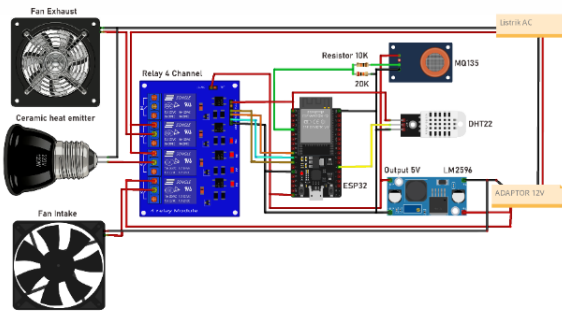
Gambar 1. Tahapan Metode ADDIE

3.4 Analysis

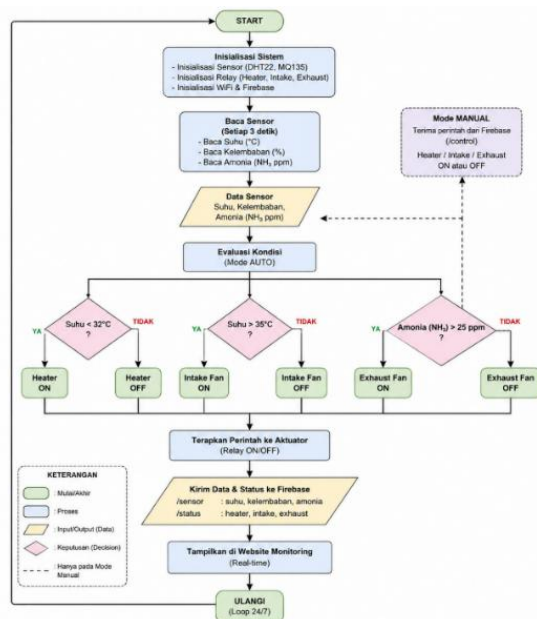
Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem monitoring dan kontrol iklim mikro kandang DOD berdasarkan standar pemeliharaan minggu pertama. Berdasarkan studi literatur, DOD membutuhkan suhu ideal sebesar 32–35°C dengan kelembapan 60–70%, serta kadar gas amonia di bawah 25 ppm untuk menjaga kesehatan dan mengurangi risiko stres lingkungan. Berdasarkan kebutuhan tersebut, sistem dirancang menggunakan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas amonia, ESP32 sebagai pusat pengendali, serta *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* sebagai aktuator pengontrol kondisi kandang.

3.5 Design

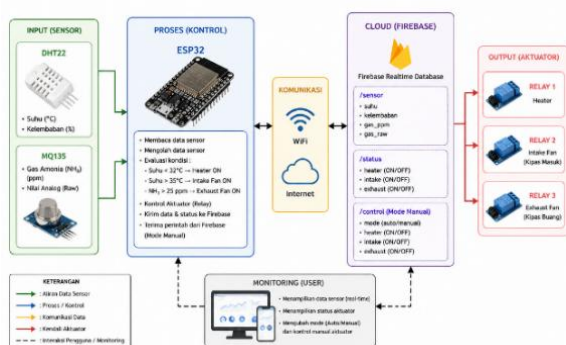
Tahap perancangan meliputi pembuatan skema rangkaian alat, diagram blok sistem, alur kontrol otomatis, dan desain *website monitoring* berbasis IoT yang ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Sistem dirancang untuk membaca data sensor secara *real-time* serta mengendalikan aktuator secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. *Website monitoring* dirancang dalam bentuk dashboard yang menampilkan data suhu, kelembapan, kadar gas amonia, serta status heater, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* dalam kondisi *ON* atau *OFF*. Selain itu, website juga dilengkapi dengan tabel histori data, grafik monitoring, dan fitur unduh data untuk memudahkan proses pemantauan dan analisis data.



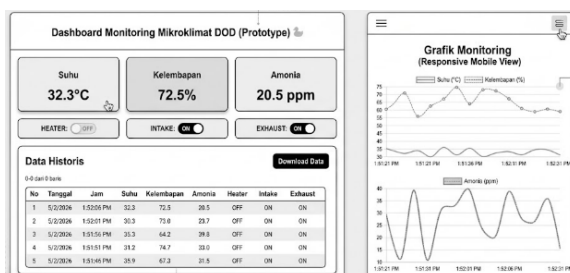
Gambar 2. Skema rangkaian alat



Gambar 3. Alur Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Sistem



Gambar 5. Website Monitoring

3.6 Development

Tahap pengembangan dilakukan dengan merakit perangkat keras dan membuat program pada ESP32 menggunakan Arduino IDE. Sistem dikembangkan agar mampu melakukan monitoring dan kontrol mikroklimate secara otomatis berbasis IoT.

3.7 Implementation

Tahap implementasi dilakukan dengan memasang prototipe pada kandang DOD skala kecil berukuran 40×40 cm yang digunakan untuk pemeliharaan tiga ekor DOD pada minggu pertama. Sistem dijalankan untuk menguji kemampuan alat dalam membaca suhu, kelembaban, dan kadar gas amonia, serta mengontrol heater, kipas intake, dan kipas exhaust secara otomatis. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi sensor DHT22, sensor MQ-135, ESP32, relay, heater, kipas intake, kipas exhaust, serta website monitoring berbasis *Firebase Realtime Database*.

3.8 Evaluation

Tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan standar kebutuhan DOD. Evaluasi meliputi keakuratan sensor DHT22 dan MQ-135, kestabilan suhu pada rentang $32\text{--}35^\circ\text{C}$, kelembaban $60\text{--}70\%$, kadar amonia di bawah 25 ppm, serta respons aktuator heater dan kipas terhadap perubahan kondisi lingkungan kandang.

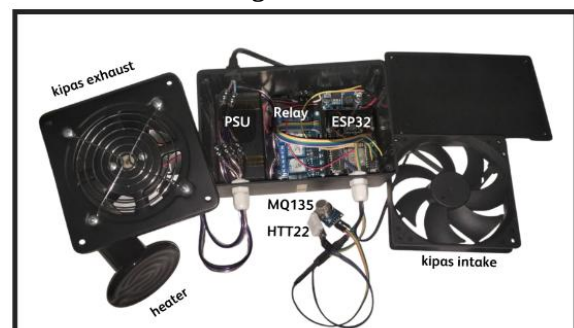
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil, Pengujian dan pembahasan tentang skripsi yang telah dilakukan

4.1. Development (Pengembangan)

Tahap *development* dilakukan dengan merakit perangkat keras dan mengembangkan program pada ESP32 sehingga terbentuk sistem monitoring dan kontrol mikroklimate kandang DOD berbasis IoT. Tahapan pengembangan sistem meliputi:

4.2. Perakitan Perangkat Keras



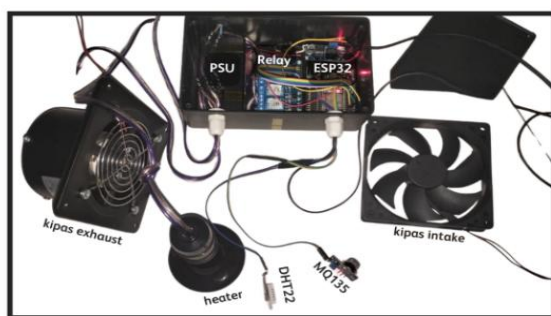
Gambar 6. Perakitan Perangkat Keras

Gambar 6 menunjukkan hasil perakitan perangkat keras sistem monitoring dan kontrol mikroklimate kandang DOD berbasis IoT. Sistem terdiri dari ESP32 sebagai pengendali utama, sensor

DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ-135 untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia, serta relay yang mengontrol *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust*. Seluruh komponen telah terintegrasi sehingga mampu melakukan monitoring dan kontrol iklim kandang secara otomatis.

4.3. Integrasi Sensor dan Aktuator

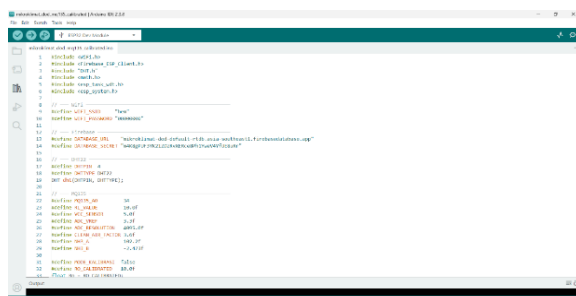
Gambar 7 menunjukkan proses integrasi sensor dan aktuator dengan ESP32. Sensor DHT22 dan MQ-135 berfungsi sebagai masukan sistem, sedangkan *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* berfungsi sebagai keluaran yang dikendalikan berdasarkan hasil pembacaan sensor. Integrasi ini memungkinkan sistem merespons perubahan kondisi lingkungan kandang secara otomatis.



Gambar 7. Integrasi Sensor ke Akuator

4.4. Pemrograman ESP32

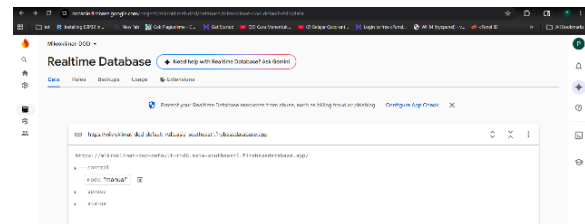
Gambar 8 menunjukkan proses pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE untuk mikrokontroler ESP32. Program dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk mengatur proses pembacaan sensor dan pengendalian sistem. Program tersebut berfungsi membaca data dari sensor DHT22 dan MQ-135, menjalankan logika kontrol berbasis ambang batas (*threshold*), serta mengendalikan aktuator secara otomatis.



Gambar 8. Pemrograman Arduino IDE

4.5. Integrasi Firebase dan Website Monitoring

Gambar 9 menunjukkan proses integrasi antara ESP32, *Firebase Realtime Database*, dan *website monitoring*. Data hasil pembacaan sensor dikirim ke Firebase untuk disimpan dan ditampilkan secara *real-time* pada *website monitoring*. Integrasi ini memungkinkan pengguna memantau kondisi kandang dari jarak jauh secara *real-time*.



Gambar 9. Integrasi Firebase dan Website Monitoring

4.6. Pengujian Awal Sistem

Gambar 10 menunjukkan proses pengujian awal sistem sebelum diterapkan pada kandang DOD. Pengujian dilakukan untuk memastikan sensor, aktuator, serta komunikasi data antara ESP32, Firebase, dan *website monitoring* berfungsi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja sesuai logika kontrol yang telah dirancang.



Gambar 10. Pengujian Awal Sistem

4.7. Implementation (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan dengan memasang prototipe sistem pada kandang DOD skala kecil berukuran 40 × 40 cm yang berisi tiga ekor DOD pada fase pemeliharaan minggu pertama. Pengujian dilakukan secara kontinu selama tujuh hari. Tahapan implementasi sistem meliputi:

4.8. Pemasangan alat pada kandang DOD

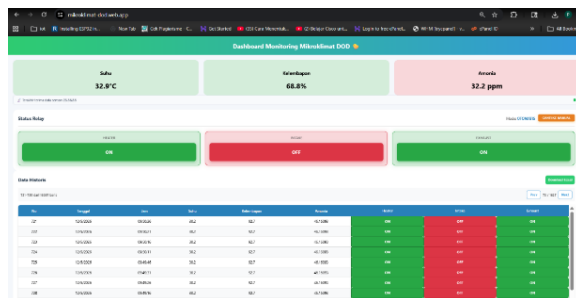


Gambar 11. Pengujian Alat Monitoring Mikroklimat

Gambar 11 menunjukkan pemasangan prototipe sistem pada kandang DOD skala kecil yang digunakan sebagai media pengujian. Sensor ditempatkan di dalam kandang untuk memperoleh data mikroklimate yang representatif, sedangkan aktuator dipasang pada posisi yang mendukung distribusi panas dan sirkulasi udara secara optimal. Penempatan komponen tersebut bertujuan agar proses monitoring dan kontrol lingkungan kandang dapat berjalan secara efektif.

4.9. Pengujian monitoring suhu, kelembapan, dan amonia secara *real-time*

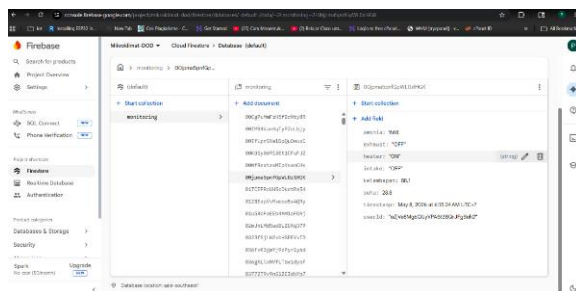
Gambar 12 menunjukkan tampilan dashboard website monitoring yang digunakan untuk memantau kondisi mikroklimate kandang secara *real-time*. Dashboard menampilkan informasi suhu, kelembapan, konsentrasi gas amonia, serta status kerja *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust*. Selain itu, tersedia fitur grafik dan histori data yang memudahkan pengguna dalam melakukan analisis hasil monitoring.



Gambar 12. Pemantauan Website Monitoring Mikroklimate

4.10. Pengujian pengiriman data ke Firebase

Gambar 13 menunjukkan data hasil monitoring yang berhasil dikirim dan tersimpan pada *Firestore Realtime Database*. Data yang tersimpan meliputi suhu, kelembapan, konsentrasi amonia, dan status aktuator yang diperbarui secara berkala. Penyimpanan berbasis cloud memungkinkan proses sinkronisasi data dan pemantauan sistem dilakukan secara *real-time*.



Gambar 13. Pengiriman Data ke Firebase

4.11. Pengujian respons aktuator otomatis

Gambar 14 menunjukkan tampilan status kerja aktuator yang ditampilkan pada website monitoring. *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* akan aktif atau nonaktif secara otomatis sesuai kondisi suhu dan

konsentrasi amonia yang terdeteksi sensor. Informasi tersebut membantu pengguna dalam memantau respons sistem terhadap perubahan mikroklimate kandang secara langsung.

No	Tanggal	Jam	Suhu	Kelembapan	Amonia	Heater	Intake	Exhaust
102	10/5/2026	16:22:52	33.9	69.7	5.11	ON	OFF	ON
103	10/5/2026	16:23:40	33.9	69.7	5.11	ON	OFF	ON
104	10/5/2026	16:24:49	33.9	69.7	5.12	ON	OFF	ON
105	10/5/2026	16:25:41	33.9	69.7	5.11	ON	OFF	ON
106	10/5/2026	16:26:40	33.9	69.8	5.12	ON	OFF	ON
107	10/5/2026	16:27:17	33.9	69.7	5.09	ON	OFF	ON
108	10/5/2026	16:28:34	33.9	69.7	5.02	ON	OFF	ON
109	10/5/2026	16:29:31	33.9	69.7	5.12	ON	OFF	ON
110	10/5/2026	16:30:28	33.9	69.7	5.02	ON	OFF	ON

Gambar 14. Monitoring Kontrol Sistem Aktuator

4.12. Pengambilan data monitoring selama tujuh hari

Pada gambar 15, sistem menunjukkan proses pengambilan data secara otomatis setiap tiga detik selama tujuh hari pengujian untuk memperoleh data monitoring mikroklimate kandang secara kontinu. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol mikroklimate kandang secara otomatis serta menampilkan data secara *real-time* melalui *website monitoring*.

No	Tanggal	Jam	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Amonia (ppm)	Heater	Intake	Exhaust
1	7/5/2026	15:00:00	34.1	68.8	6.09	ON	OFF	OFF
2	7/5/2026	15:00:03	34.0	71.0	5.98	ON	OFF	OFF
3	7/5/2026	15:00:06	34.1	69.7	6.12	ON	OFF	OFF
4	7/5/2026	15:00:09	34.3	68.9	6.27	ON	OFF	OFF
5	7/5/2026	15:00:12	34.0	70.6	5.96	ON	OFF	OFF
6	7/5/2026	15:00:15	34.0	71.4	5.96	ON	OFF	OFF
7	7/5/2026	15:00:18	34.3	68.0	6.29	ON	OFF	OFF
8	7/5/2026	15:00:21	34.1	70.0	6.14	ON	OFF	OFF
9	7/5/2026	15:00:24	33.9	67.9	5.92	ON	OFF	OFF
10	7/5/2026	15:00:27	34.1	70.1	6.10	ON	OFF	OFF

Gambar 15. Data Monitoring Pengujian Sistem

4.13. Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem monitoring dan kontrol mikroklimate kandang DOD berdasarkan hasil pengujian selama tujuh hari. Evaluasi meliputi analisis kestabilan suhu, kelembapan, konsentrasi amonia, keakuratan sensor, serta respons aktuator terhadap kondisi lingkungan kandang. Hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan suhu, kelembapan, dan konsentrasi amonia secara *real-time* selama proses pengujian. Data monitoring yang dihasilkan sebanyak 201.601 baris dengan interval pengambilan data setiap tiga detik. Data tersebut kemudian diolah dalam bentuk tabel statistik dan grafik untuk mempermudah analisis kondisi mikroklimate kandang.

Rekapitulasi statistik hasil monitoring suhu, kelembapan, dan amonia selama tujuh hari disajikan pada Tabel 1. yang menampilkan nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari setiap parameter mikroklimate kandang.

Tabel 1. Rekapitulasi Statistik Hasil Monitoring.

Parameter	Min	Maks	Rata-rata	Std	Standar
Suhu (°C)	26,5	35,7	30,64	1,88	32–35
Kelembapan (%)	57,6	100	79,78	10,17	60–70
Amonia (ppm)	5,46	27,9	17,61	5,42	<25

Berdasarkan hasil evaluasi, parameter amonia memiliki persentase pemenuhan standar tertinggi dibandingkan parameter lainnya, sedangkan suhu dan

kelembapan masih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama pengujian yang berlangsung pada musim penghujan.

Selain analisis statistik, dilakukan juga evaluasi keakuratan sensor dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada sistem terhadap alat pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 dan MQ-135 memiliki selisih pembacaan yang relatif kecil sehingga dinilai cukup baik untuk digunakan pada sistem monitoring mikroklimat kandang DOD.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Sensor dengan Alat Pembanding

Parameter	Sensor Sistem	Alat Pembanding	Hasil Sensor	Hasil Pembanding	Selisih
Suhu	DHT22	Hygrometer Digital	31,2 °C	31,0 °C	0,2 °C
Kelembapan	DHT22	Hygrometer Digital	78,40%	80,10%	1,70%
Amonia	MQ-135	Gas Detector Portable	18,5 ppm	19,3 ppm	0,8 ppm

Berdasarkan Tabel 2, hasil pembacaan sensor menunjukkan nilai yang mendekati alat pembanding dengan rentang selisih yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 dan MQ-135 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk digunakan dalam proses monitoring suhu, kelembapan, dan konsentrasi amonia pada kandang DOD berbasis IoT.

Dibandingkan penelitian [13] yang hanya memonitor suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22, penelitian ini menambahkan pemantauan kualitas udara menggunakan sensor MQ-135 sehingga kondisi mikroklimat kandang dapat diamati secara lebih menyeluruh. Selain itu, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai monitoring, tetapi juga mampu melakukan pengendalian otomatis terhadap *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* sesuai kondisi kandang secara *real-time*.

Penelitian ini juga memiliki pengembangan dibandingkan penelitian [14] yang menggunakan lampu pijar sebagai sumber panas pada inkubator DOC dan DOD. Pada penelitian ini digunakan heater yang menghasilkan distribusi panas lebih stabil dan merata sehingga suhu kandang dapat dipertahankan lebih optimal. Sistem kontrol otomatis juga dirancang berdasarkan parameter suhu dan konsentrasi amonia sehingga respons aktuator menjadi lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan kandang.

Selain itu, dibandingkan penelitian [15] yang lebih berfokus pada monitoring berbasis IoT, penelitian ini menambahkan mekanisme kontrol mikroklimat otomatis sehingga aktuator dapat bekerja secara langsung berdasarkan hasil pembacaan sensor. Penggunaan *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* memungkinkan sistem menjaga kondisi suhu dan kualitas udara kandang secara lebih responsif.

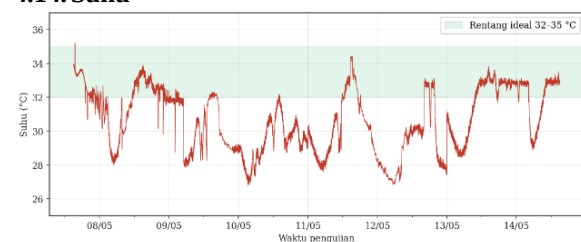
Penelitian ini juga memiliki perbedaan dengan penelitian [16] dan [17] yang masih menggunakan sensor DHT11 dalam monitoring suhu dan kelembapan kandang. Pada penelitian ini digunakan sensor DHT22 yang memiliki tingkat akurasi lebih

tinggi sehingga hasil monitoring suhu dan kelembapan menjadi lebih stabil dan presisi. Selain itu, penelitian ini menambahkan monitoring konsentrasi gas amonia sebagai parameter kualitas udara yang berpengaruh terhadap kesehatan dan kelangsungan hidup DOD.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan monitoring mikroklimat kandang secara *real-time*, tetapi juga mendukung pengendalian lingkungan kandang secara otomatis dan lebih responsif dibandingkan beberapa penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi monitoring dan kontrol otomatis berbasis IoT berpotensi membantu menjaga kestabilan mikroklimat kandang DOD sehingga dapat mendukung kesehatan dan kelangsungan hidup ternak pada fase awal pemeliharaan.

Selanjutnya, hasil pengolahan data divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah interpretasi pola dan tren suhu, kelembapan, amonia, serta aktivitas aktuator selama tujuh hari pengujian. Data monitoring yang dihasilkan sebanyak 201.601 baris dengan interval pengambilan data setiap tiga detik. Grafik suhu, kelembapan, dan amonia digunakan untuk menampilkan perubahan nilai parameter terhadap waktu, sedangkan grafik durasi aktif aktuator digunakan untuk melihat respons sistem kontrol terhadap kondisi mikroklimat kandang. Selain itu, dilakukan visualisasi pola harian (diurnal) untuk menunjukkan hubungan perubahan suhu, kelembapan, dan amonia dalam satu siklus 24 jam.

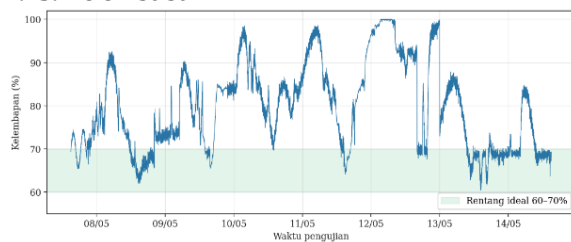
4.14. Suhu



Gambar 16. Grafik Hasil Monitoring Suhu Kandang Selama 7 Hari Pengujian

Pada gambar 16. suhu terukur berada pada rentang 26,50 °C sampai 35,70 °C dengan rata-rata 30,64 °C dan simpangan baku 1,88 °C. Grafik memperlihatkan pola fluktuasi harian yang konsisten, yaitu suhu cenderung naik pada siang hingga sore hari dan turun pada malam hingga dini hari. Pada siang dan sore hari suhu kandang umumnya berada mendekati rentang ideal 32–35 °C, sedangkan pada malam dan dini hari suhu beberapa kali turun di bawah standar. Kondisi ini menunjukkan bahwa heater telah bekerja, namun kapasitas pemanasan belum sepenuhnya mampu mempertahankan suhu ideal ketika suhu lingkungan menurun pada malam hari musim penghujan.

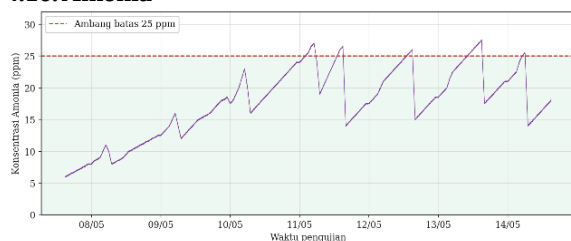
4.15. Kelembaban



Gambar 17. Grafik Hasil Monitoring Kelembapan Kandang Selama 7 Hari Pengujian

Pada gambar 17. kelembapan kandang berada pada rentang 57,60% hingga 100,00% dengan rata-rata 79,78%. Nilai tersebut cenderung berada di atas rentang ideal DOD yaitu 60–70%. Tingginya kelembapan kandang berkaitan erat dengan kondisi lingkungan selama periode pengujian yang berlangsung pada musim penghujan, sehingga kelembapan udara lingkungan memang tinggi. Kelembapan tertinggi terjadi pada 12 Mei 2026 dengan rata-rata harian mencapai 91,94%, bertepatan dengan hari ber hujan dan bersuhu paling rendah. Grafik juga memperlihatkan hubungan berbanding terbalik dengan suhu, yaitu kelembapan menurun pada siang hari ketika suhu naik dan kembali meningkat pada malam hari ketika suhu turun. Kipas *intake* dan *exhaust* pada sistem berfungsi mengatur sirkulasi udara, namun tidak memiliki kemampuan menurunkan kadar uap air di bawah kelembapan udara lingkungan, sehingga kelembapan kandang cenderung mengikuti kelembapan lingkungan.

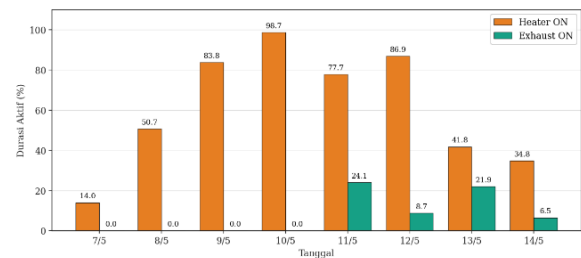
4.16. Amonia



Gambar 18. Grafik Hasil Monitoring Konsentrasi Gas Amonia Selama 7 Hari Pengujian

Pada gambar 18. konsentrasi amonia berada pada rentang 5,46 ppm hingga 27,90 ppm dengan rata-rata 17,61 ppm dan simpangan baku 5,42 ppm. Konsentrasi amonia menunjukkan peningkatan bertahap seiring bertambahnya akumulasi kotoran pada kandang. Peningkatan tertinggi terjadi sebelum proses pembersihan kandang, sedangkan penurunan tajam terjadi setelah pembersihan pagi dan sore hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi pembersihan kandang dan respons kipas *exhaust* mampu membantu menekan konsentrasi amonia tetap berada di bawah ambang aman DOD selama sebagian besar waktu pengujian.

Hasil evaluasi terhadap aktuator menunjukkan bahwa *heater*, kipas *intake*, dan kipas *exhaust* mampu bekerja sesuai logika kontrol yang dirancang. *Heater* aktif saat suhu berada di bawah batas minimum, sedangkan kipas *exhaust* aktif ketika konsentrasi amonia meningkat. Kipas *intake* jarang aktif karena suhu kandang selama pengujian umumnya tidak melebihi ambang 35 °C.



Gambar 19. Persentase Durasi Aktif Heater dan Kipas Exhaust per Hari

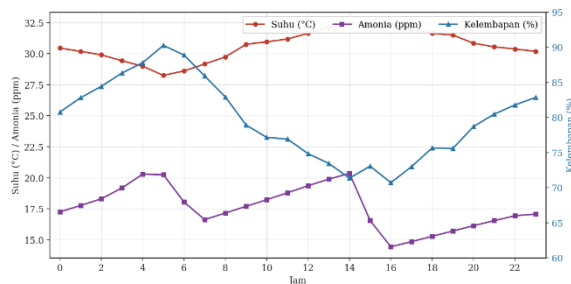
Untuk melihat pola perubahan iklim mikro dalam satu siklus 24 jam, dilakukan agregasi data per dua jam. Hasil rata-rata suhu, kelembapan, amonia, serta durasi aktif aktuator disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Parameter Mikroklimat dan Durasi Aktuator per Dua Jam

Tanggal	Suhu (°C)	Lembap (%)	NH ₃ (ppm)	Heater ON (%)	Exh ON (%)
00.00–02.00	30,31	81,79	17,51	81	0,9
02.00–04.00	29,66	85,38	18,74	79,1	13,3
04.00–06.00	28,61	89,03	20,27	96,9	18,5
06.00–08.00	28,88	87,39	17,33	99,8	0,3
08.00–10.00	30,24	80,92	17,43	93,6	1
10.00–12.00	31,06	77,04	18,51	65,9	13,4
12.00–14.00	31,87	74,15	19,62	43	28,5
14.00–16.00	32,36	72,22	18,45	29,5	24,8
16.00–18.00	32,12	71,86	14,64	30,7	0
18.00–20.00	31,56	75,62	15,49	48,9	0
20.00–22.00	30,69	79,6	16,34	61,6	0

Berdasarkan Tabel 3, durasi aktif heater cenderung tinggi pada dini hari hingga pagi hari ketika suhu kandang menurun, dengan puncak sebesar 99,8% pada rentang pukul 06.00–08.00. Sebaliknya, durasi aktif *heater* menurun pada siang hingga sore hari ketika suhu kandang meningkat. Kipas *exhaust* mulai

aktif lebih sering pada siang hari ketika konsentrasi amonia meningkat akibat akumulasi kotoran kandang, dengan durasi aktif tertinggi sebesar 28,5% pada rentang pukul 12.00–14.00.



Gambar 20. Pola Harian Rata-rata Suhu, Kelembapan, dan Amonia

Gambar 20 Pola harian (diurnal) rata-rata menunjukkan bahwa suhu kandang terendah terjadi pada dini hari dan tertinggi pada sore hari. Kelembapan bergerak berlawanan dengan suhu, sedangkan amonia cenderung meningkat sebelum jadwal pembersihan kandang dan menurun setelah proses pembersihan dilakukan.

Berdasarkan hasil evaluasi, sistem monitoring dan kontrol mikroklimat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan mampu melakukan monitoring suhu, kelembapan, dan konsentrasi amonia secara *real-time* serta mengendalikan mikroklimat kandang DOD secara otomatis sesuai logika kontrol yang dirancang. Sistem mampu menjaga kondisi suhu, kelembapan, dan konsentrasi amonia mendekati standar kebutuhan DOD selama masa pemeliharaan. Kondisi mikroklimat yang lebih stabil tersebut berpotensi membantu mengurangi stres lingkungan, menjaga kualitas udara kandang, serta mendukung kesehatan dan kelangsungan hidup DOD pada fase awal pemeliharaan. Dengan demikian, penerapan sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis IoT dapat menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan mikroklimat kandang pada budidaya bebek skala kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring dan kontrol mikroklimat kandang DOD berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dikembangkan menggunakan ESP32, sensor DHT22, sensor MQ-135, heater, serta kipas intake dan exhaust. Sistem mampu melakukan monitoring suhu, kelembapan, konsentrasi gas amonia, dan status aktuator secara *real-time* melalui *website monitoring* berbasis Firebase.

Hasil pengujian selama tujuh hari menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengambilan data secara kontinu setiap tiga detik dengan total data sebanyak 201.601 baris. Rata-rata suhu kandang sebesar 30,64 °C, kelembapan 79,78%, dan konsentrasi amonia 17,61 ppm. Parameter amonia memiliki tingkat pemenuhan standar tertinggi dengan rata-rata berada di bawah ambang aman (<25 ppm).

Sensor DHT22 dan MQ-135 juga menunjukkan hasil pembacaan yang mendekati alat pembanding.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan kapasitas heater atau menambahkan sistem insulasi kandang agar suhu kandang dapat dipertahankan lebih stabil pada rentang ideal 32–35 °C, terutama saat malam hari dan musim penghujan. Sistem pengendalian kelembapan juga dapat dikembangkan dengan menambahkan *dehumidifier* atau material penyerap kelembapan sehingga kondisi kelembapan kandang lebih mudah dikontrol sesuai kebutuhan DOD. Selain itu, sistem pembersihan kandang dapat dikembangkan menjadi semi-otomatis atau otomatis untuk membantu mengurangi akumulasi kotoran dan menekan peningkatan konsentrasi amonia. Pengujian dengan periode yang lebih panjang serta jumlah DOD yang lebih banyak juga perlu dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih beragam. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur prediksi kondisi mikroklimat berbasis *machine learning* atau sistem notifikasi otomatis agar proses monitoring dan pengendalian kandang menjadi lebih responsif dan adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, C. H., Citra Puspa Dewi, Pares, F. K., Malika, I. L., Rosita, K. A., & Aula, V. N. (2025). Usaha Budi Daya Ternak Bebek Ras Petelur (Vol. 32, Number 3, pp. 167–186).
- [2] Populasi Itik/Itik Manila menurut Provinsi (Ekor). (2024). <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDc5IzI=/populasi-itik-itik-manila-menurut-provinsi--ekor-.html>
- [3] Fitriani, R., & Suryaningsih, T. (2023). Upaya Warga Dalam Meningkatkan Pendapatan Rumah Tangga Melalui Usaha Ternak Bebek Pedaging Dusun Jigang. *Journal of Creative Student Research*, 1(4), 385-394.
- [4] KPRI, Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2021). Berbagai Cara Pembuatan Pakan Itik. Pustaka Pertanian. <https://pustaka.bppsdmp.pertanian.go.id/index-berita/berbagai-cara-pembuatan-pakan-itik#:~:text=Fase pertama yakni fase starter,lebih tinggi dibanding dengan protein>
- [5] Rukmana, H. R. (2024). Panduan Lengkap Ternak Itik Petelur & Pedaging Secara Intensif. <https://hobiternak.com/buku-panduan-lengkap-ternak-itik-petelur-pedaging-secara-intensif/>
- [6] Roms. (2024). Panduan Pemeliharaan Itik Terpadu. <https://id.scribd.com/document/786267113/Agribisnis-Ternak-Itik>
- [7] Harianto, A. (2024). Tips Mengurangi Risiko Kematian Bebek Usia 1-2 Minggu. <https://hobiternak.com/risiko-kematian-bebek/>
- [8] DARI, H. U. (2025). Analisis Perbandingan Parameter Lingkungan dan Persepsi Masyarakat

- di Dalam dan di Luar Ruang Terbuka Hijau di Kabupaten Pinrang= Comparative Analysis Of Environmental Parameters and Community Perceptions Inside and Outside Green Open Spaces in Pinrang Regency (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR).
- [9] Saputro, D. F. (2025). RANCANG BANGUN ALAT MONITORING SUHU, KELEMBABAN, DAN AMONIA UNTUK KANDANG BEBEK DOD DI KTTI BERKAH ABADI TEGAL BERBASIS IOT (Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama).
- [10] Ujung, C. A., Jaksa, S., & Lusida, N. (2025). Analisis Risiko Paparan Amonia Terhadap Kesehatan Pekerja di Industri Kimia dan Pupuk . ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 4(9), 2179–2185.
<https://doi.org/10.56799/jim.v4i9.10941>
- [11] Setyawati, D. D. (2024). HUBUNGAN PENGETAHUAN TENTANG BAHAYA KADAR AMONIA DENGAN PERILAKU PENCEGAHAN GANGGUAN PERNAFASAN PADA PEKERJA PETERNAK AYAM DI KECAMATAN LEMBEYAN (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Ponorogo).
- [12] Harsanti, R. S., & Yasi, R. M. (2023). Implementation of Ammonia (NH3) Gas Level Detection Tool in the Shrimp Processing Industry. *Journal of Educational Engineering and Environment*, 2(1), 19-22.
- [13] MURWANDO, A. (2023). IOT (INTERNET OF THINGS) SISTEM PENGENDALI DAN MONITORING SUHU SERTA KELEMBABAN RUANGAN PADA KANDANG BIBIT BEBEK (Doctoral dissertation, Universitas Duta Bangsa Surakarta).
- [14] Ubaidillah, A., Ulum, M., Muhammad, D. A., Haryanto, H., Saputro, A. K., Hardiansyah, M., & Rahmawati, D. (2024). Rancang Bangun Alat Pengganti Indukan Unggas (DOC DAN DOD) Dengan Menggunakan Mikrokontroler. *SinarFe7*, 6(1), 141-148. Retrieved from <https://www.journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/657>
- [15] Ginting, B. P., & Utomo, A. D. N. (2024). Monitoring Penerapan Internet of Things (Iot) Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Produktivitas Pada Budidaya Peternakan Bebek. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 5843-5848.
- [16] Oktrialdi, B., Harahap, P., Adam, M., & Siregar, R. F. (2023). Analisis Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis ATmega8535. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 98-102.
- [17] Ambarita, M., Budisanjaya, I. P. G., Setiyo, Y., & Wirawan, I. P. S. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Kandang Bebek Berbasis Internet of Things. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 13(1), 72-81.
- [18] Erwin, E., Datya, A. I., Nurohim, N., Sepriano, S., Waryono, W., Adhicandra, I., ... & Purnawati, N. W. (2023). Pengantar & Penerapan Internet Of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- [19] Halawa, I. I. (2025). MINIATUR ROBOT PENGANTAR MAKANAN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 DENGAN NAVIGASI LINE FOLLOWER DAN NOTIFIKASI SUARA MENGGUNAKAN DFPLAYER MINI.
- [20] Suryantoro, H. (2023). Prototipe dehumidifier untuk monitoring kelembaban laboratorium biomedis menggunakan sensor DHT22 dan peltier TEC1-12706 berbasis Arduino. *Indones. J. Lab*, 4887(3), 79.
- [21] HeryantoEryk, I., Kusuma, S.A., & Hidayat, M.N. (2025). Sistem Otomasi Suhu dan Kelembaban Pada Greenhouse Berbasis Sensor DHT22 dan Mikrokontroler. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*.
- [22] Faturrahman, L. A., Tanjung, B. F., & Saragih, Y. (2025). Sistem Monitoring Dan Deteksi Dini Kualitas Udara Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6598>
- [23] Rahmadani, E. (2023). Makalah Heater. <https://id.scribd.com/document/618181935/Makalah-Heater>
- [24] Siddiq, N. A. (2024). Ventilasi Atap. <https://cedsgreeb.org/ensiklopedia/ventilasi-atap/>
- [25] Admin, S. (2024). Meningkatkan kualitas udara kandang broiler. <https://semeruintisukses.co.id/meningkatkan-kualitas-udara-kandang-broiler/>
- [26] Prasetyanto, A. E., & Hadisusila, C. P. (2023). Aplikasi Arduino dalam teknik I/O untuk mengintegrasikan dan mengendalikan perangkat elektronik. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 6(2), 96-102.
<https://doi.org/10.29407/noe.v6i2.21308>