JURNAL ILMIAH SISTEM INFORMASI (JUSI)
VOL 5, No. 2, Mei 2026, pp. 442 - 456
p-ISSN : 2803-1507 (media cetak) | e-ISSN : 2803-1531 (media online)
Link Publikasi: https://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUISI/issue/view/171

Internet of Things Based Ventilation System for Brooding Facility of the Asri Wijaya Farmer Group

Wakim*[1], Sulartopo[2], Iman Saufik Suasana[3]
[1,2,3] Fakultas Studi Akademik, Universitas Sains dan Teknologi Komputer
Jl. Majapahit 605, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
e-mail: aimwakim@gmail.com*[1], sulartopo@stekom.ac.id[2], saufik@stekom.ac.id[3]

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 16-03-2026
Revised: 02-04-2026
Accepted: 06-05-2026
Published: 21-05-2026

ABSTRACT

The brooding phase is the most critical period in the poultry life cycle, determining the success of production performance in the subsequent stages. However, environmental management in smallholder farms, such as the Asri Wijaya Livestock Group, still faces significant challenges concerning microclimate fluctuations and the accumulation of toxic gases. This study aims to integrate Internet of Things (IoT) technology into a ventilation system to mitigate mortality risks resulting from high concentrations of ammonia (NH_3) and carbon dioxide (CO_2). Through a Research and Development (R&D) approach, the system was developed using an ESP32 microcontroller integrated with DHT22, MQ-135, and MQ-2 sensors for real-time monitoring of environmental parameters. Data are continuously acquired and processed to drive actuators, including exhaust fans and heating systems using incandescent lamps, via threshold control logic. Experimental results indicate that the system can maintain temperature stability within the optimal range of 33°C and effectively reducing hazardous gas concentrations below critical thresholds (NH_3 < 25 ppm; CO_2 < 3,000 ppm). The scientific contribution of this research lies in the architectural design of an adaptive and economical environmental control system for small-scale livestock farming. The implications of this study extend beyond enhancing operational efficiency and animal welfare to driving digital transformation toward sustainable Precision Livestock Farming at the local level.

Keywords: *IoT, Ammonia, Brooding Facility, Gas Sensor, DOC.*

ABSTRAK

Fase *brooding* merupakan periode paling krusial dalam siklus hidup unggas yang menentukan keberhasilan performa produksi pada tahap berikutnya. Namun, manajemen lingkungan pada peternakan rakyat, seperti Kelompok Ternak Asri Wijaya, masih menghadapi tantangan besar terkait fluktuasi mikroklimat dan akumulasi gas beracun. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi *Internet of Things (IoT)* ke dalam sistem ventilasi guna memitigasi risiko mortalitas akibat tingginya konsentrasi amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2). Melalui pendekatan *Research and Development (R&D)*, sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22, MQ-135, dan MQ-2 untuk memantau parameter lingkungan secara real-time. Data diakuisisi secara berkelanjutan dan diolah untuk menggerakkan aktuator berupa *exhaust fan* serta sistem pemanas berupa lampu pijar melalui logika kontrol ambang batas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga stabilitas suhu pada rentang optimal 33 °C dan secara efektif mereduksi konsentrasi gas berbahaya di bawah ambang batas kritis (NH_3 < 25 ppm; CO_2 < 3.000 ppm). Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada rancang bangun arsitektur sistem kendali lingkungan yang adaptif dan ekonomis untuk skala peternakan rakyat. Implikasi penelitian ini tidak

DOI: https://doi.org/10.51903/q02ana73

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

hanya meningkatkan efisiensi operasional dan kesejahteraan hewan *(animal welfare)*, tetapi juga mendorong transformasi digital menuju *Precision Livestock Farming* yang berkelanjutan di tingkat lokal.

Kata Kunci: *IoT, Amonia, Kandang Brooding, Sensor Gas, DOC.*

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan unggas merupakan salah satu komponen penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional, terutama dalam penyediaan protein hewani yang terjangkau dan bergizi tinggi bagi masyarakat. Di Indonesia, permintaan terhadap produk unggas, baik berupa daging ayam maupun telur, terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, produktivitas peternakan unggas harus ditingkatkan melalui penerapan manajemen pemeliharaan yang baik, salah satunya dengan memperhatikan kualitas lingkungan kandang.

Kualitas lingkungan kandang, khususnya kualitas udara, sangat menentukan kesehatan dan produktivitas unggas. Dua parameter utama yang perlu dipantau secara berterusan ialah kadar gas amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2). Gas amonia merupakan hasil dekomposisi kotoran ayam yang bersifat toksik dan iritatif, terutama jika kadarnya melebihi ambang batas 25 ppm (*parts per million*). Paparan amonia yang tinggi tidak hanya menyebabkan gangguan pernapasan pada unggas dan penurunan performa pertumbuhan, tetapi juga berdampak negatif pada kesehatan pekerja kandang. Rincian mengenai standar parameter lingkungan dan dampaknya terhadap performa unggas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Lingkungan Kandang

Parameter	Rentang Optimal	Dampak Jika Tidak Optimal
Suhu	33-35°C (*DOC* minggu 1)	Stres panas → nafsu makan turun, mortalitas tinggi; Terlalu dingin → konsumsi pakan naik, pertumbuhan lambat
Konsentrasi Amonia (NH_3)	< 25 ppm	> 50 ppm → kerusakan mata, penurunan bobot badan, gangguan pernapasan
Konsentrasi Karbondioksida (CO_2)	< 3.000 ppm	Pada 5.000 ppm → gangguan pernapasan, letargi; >10.000 ppm → stres berat, risiko kematian

Sumber: [1]

Penelitian oleh [2] menunjukkan bahwa paparan gas amonia secara signifikan meningkatkan risiko gangguan saluran pernapasan pada pekerja peternakan ayam. Di sisi lain, gas karbondioksida yang terakumulasi akibat aktivitas respirasi unggas dan kurangnya ventilasi juga dapat menurunkan kadar oksigen di kandang, menyebabkan stres termal, serta menurunkan efisiensi metabolisme unggas. Meski dampak buruk dari gas-gas tersebut telah diketahui secara luas, sistem pemantauan kualitas udara di sebagian besar peternakan unggas di Indonesia masih dilakukan secara konvensional. Peternak umumnya hanya mengandalkan pengamatan visual atau penciuman terhadap bau amonia tanpa didukung data kuantitatif. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan terkait pengaturan ventilasi, sehingga risiko gangguan kesehatan pada unggas dan penurunan produktivitas tetap tinggi. Penumpukan gas amonia di dalam kandang tidak hanya mengganggu pertumbuhan ayam, tetapi juga berisiko bagi kesehatan manusia yang bekerja di sekitarnya.

Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)*, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk mendukung sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan kandang secara otomatis dan *real-time*. Sistem berbasis *IoT* memungkinkan integrasi sensor gas dan mikrokontroler yang dapat mengirimkan data secara nirkabel ke perangkat pemantauan seperti *smartphone* atau *dashboard cloud*. Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas sistem ini dalam mendeteksi kadar amonia dan mengendalikan perangkat ventilasi secara otomatis. Sebagai contoh, [3] berhasil mengembangkan sistem berbasis ESP8266 dan sensor MQ135 yang mampu mengaktifkan *blower* secara otomatis ketika kadar amonia melebihi batas aman. Sistem serupa juga digunakan oleh [4] yang mengimplementasikan pengiriman data kadar gas ke *platform spreadsheet* berbasis *IoT* untuk memudahkan dokumentasi dan analisis.

Sebagian besar studi yang telah dilakukan masih berfokus secara spesifik pada pemantauan kadar gas amonia saja, tanpa memperhitungkan parameter gas lain, seperti karbon dioksida, yang juga berdampak signifikan terhadap kenyamanan dan produktivitas unggas. Selain itu, sistem ventilasi yang digunakan masih bersifat reaktif, yakni hanya bekerja ketika gas terdeteksi melebihi ambang batas, tanpa model prediktif atau sistem perencanaan ventilasi cerdas berbasis data historis dan pola lingkungan.

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Dengan mempertimbangkan permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan sistematis dan terintegrasi untuk mengembangkan sistem pemantauan kadar gas amonia dan karbon dioksida pada kandang unggas berbasis *Internet of Things (IoT)* yang tidak hanya mendeteksi secara *real-time*, tetapi juga mampu memberikan masukan bagi perencanaan sistem ventilasi. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan kandang, menjaga kesehatan dan kesejahteraan unggas, serta meminimalkan risiko kesehatan bagi pekerja kandang. Oleh karennya, diperlukan sistem pemantauan otomatis untuk menjaga kualitas udara. Penggunaan sensor gas amonia berbasis *Internet of Things (IoT)* telah terbukti efektif untuk memantau dan mengendalikan kualitas udara secara otomatis di peternakan ayam potong [5].

Penelitian yang dilakukan pada kandang ayam buras fase brooding milik Kelompok Ternak Asri Wijaya Desa Karanglayung Kecamatan Sukra Kabupaten Indramayu menunjukkan bahwa implementasi sistem ini dapat membantu mendeteksi peningkatan gas berbahaya secara dini, menstabilkan suhu dan kelembaban kandang, serta memberikan peringatan kepada peternak saat terjadi anomali. Fase *brooding* merupakan masa paling kritis karena anak ayam *(Day Old Chick (DOC))* membutuhkan suhu yang stabil dan udara yang bersih untuk mencegah kematian dini. Manajemen suhu dan kualitas udara yang dioptimalkan melalui sistem otomasi dapat meningkatkan efisiensi produksi secara signifikan [6].

Sistem ini akan menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar amonia secara real-time, kemudian mengirim data ke *platform IoT* untuk analisis dan pengambilan keputusan otomatis. Ventilasi akan diaktifkan berdasarkan threshold amonia yang telah ditentukan, sehingga kualitas udara kandang tetap optimal. Hasil yang diharapkan adalah penurunan kadar amonia di bawah 25 ppm, penurunan mortalitas ayam hingga 20%, serta peningkatan efisiensi penggunaan energi ventilasi. Manfaat sistem ini antara lain meningkatkan produktivitas ternak, mengurangi kerugian ekonomi peternak, serta mendukung peternakan berkelanjutan berbasis teknologi. Sistem ini diharapkan dapat menyediakan informasi *real-time* yang akurat mengenai konsentrasi gas berbahaya dan secara otomatis mengelola sistem ventilasi untuk menciptakan lingkungan kandang yang lebih sehat dan kondusif bagi pertumbuhan serta produktivitas unggas. Kontribusi akademik dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas dan potensi penerapan teknologi *IoT* dalam meningkatkan manajemen lingkungan peternakan unggas, serta menjadi fondasi bagi pengembangan sistem peternakan presisi yang lebih maju dan berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Kandang*

Penggunaan kandang khusus *DOC* (*Day Old Chick*) pada fase *brooding* bertujuan untuk mengoptimalkan perawatan anak ayam sejak menetas hingga usia 2–4 minggu. Fase ini disebut masa *brooding* dan sangat kritis karena DOC masih rentan terhadap perubahan suhu, penyakit, dan stres. Pada fase *brooding*, anak ayam membutuhkan suhu lingkungan yang hangat dan stabil karena sistem termoregulasi tubuhnya belum berfungsi sepenuhnya [1]. Kandang *brooding* yang ideal dirancang untuk mengondisikan suhu antara 33–35°C, kelembaban 40-70%, serta menjamin sirkulasi udara dan pencahayaan maksimal dengan kepadatan antara 55-60 ekor/m² [1]. Parameter lingkungan yang ideal untuk mendukung pertumbuhan DOC secara optimal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Lingkungan Kandang Unggas

Parameter	Rentang Optimal	Dampak Jika Tidak Optimal
Suhu	33-35°C (*DOC* minggu 1) Menurun 2-3°C/minggu hingga 21-24°C	Stres panas → nafsu makan turun, mortalitas tinggi; Terlalu dingin → konsumsi pakan naik, pertumbuhan lambat
Kelembaban	40–70%	Terlalu rendah → debu berlebihan Terlalu tinggi → pertumbuhan jamur & bakteri
Ventilasi	Cukup untuk suplai O_2	Kekurangan oksigen → gangguan respirasi Amonia tinggi → iritasi saluran napas
Amonia (NH_3)	< 25 ppm	> 50 ppm → kerusakan mata, penurunan bobot badan, gangguan pernapasan
Karbon dioksida (CO_2)	< 3.000 ppm	Pada 5.000 ppm → gangguan pernapasan, letargi; >10.000 ppm → stres berat, risiko kematian
Kepadatan	55-60 ekor/M2	Terlalu padat → Karbondioksida meningkat

Sumber: Diadaptasi dna dikembangkan dari [1]

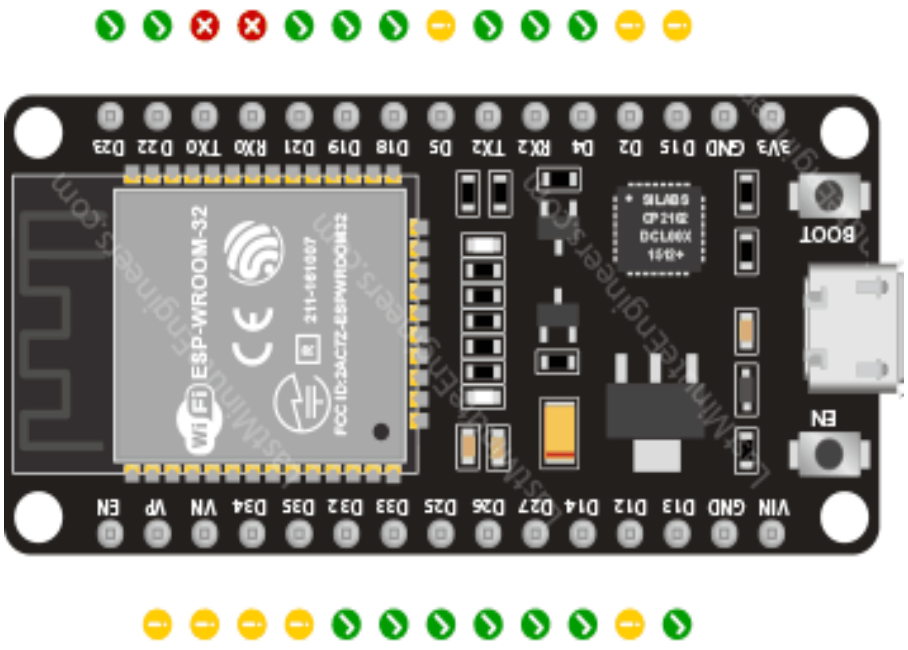
Akumulasi gas sisa kotoran, seperti amonia (NH3), di dalam kandang tertutup dapat memicu iritasi saluran pernapasan pada ternak maupun pekerja [2]. Sistem ventilasi cerdas diperlukan untuk memastikan sirkulasi

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

udara tetap optimal dan kadar gas berbahaya berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan [5]. Jika suhu, kebersihan, dan manajemen pakan dilakukan dengan tepat, DOC akan tumbuh sehat dan mencapai performa optimal. Khusus pada fase brooding, kondisi lingkungan harus dijaga dengan sangat ketat karena anak ayam (DOC) belum memiliki sistem termoregulasi yang sempurna. Kegagalan dalam menjaga suhu pada fase ini dapat menyebabkan angka kematian (*mortalitas*) yang tinggi serta menghambat produktivitas di masa depan [7].

2.2. *Mikrokontroler*

Dalam dunia peternakan (*smart farming*), *IoT* memungkinkan peternak memantau kondisi kandang dari jarak jauh, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kesalahan manusia *(human error)*. Arsitektur sistem *IoT* umumnya mengintegrasikan sensor sebagai *input*, mikrokontroler sebagai unit pemroses (*processor*), dan *platform cloud sebagai* antarmuka pengguna (*user interface*) [8]. Sebagai unit kendali, mikrokontroler mengintegrasikan *CPU*, memori, *timer*, serta berbagai saluran komunikasi *serial* dan *paralel* dalam satu chip *IC* (*Integrated Circuit*) [9]. Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. ESP32 dipilih karena memiliki modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* terintegrasi serta performa pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan pendahulunya, yaitu ESP8266 [10]. *Chip* ini mendukung berbagai protokol komunikasi yang mempermudah konektivitas antarperangkat dalam jaringan *IoT* [11]. Teknologi ESP32 mengusung *WiFi* 2.4 GHz dan *Bluetooth* dengan desain teknologi 40nm yang mengutamakan efisiensi daya serta kinerja radio untuk berbagai aplikasi [10]. Sebagai sistem berbasis *Internet of Things (IoT)*, ESP32 menawarkan fitur mode ganda (*WiFi* dan *Bluetooth*) yang mempermudah konektivitas antarperangkat [11]. Pengembangan ESP32 sebagai suksesor ESP8266 membawa peningkatan jumlah *GPIO*, dukungan *Bluetooth* 4.2/*BLE*, serta konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga ideal untuk proyek elektronik dengan mobilitas tinggi [12]. Visualisasi modul mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Fisik ESP32 Devkit v1

2.3. *Sensor*

Pada penelitian ini, penulis menggunakan 2 (dua) sensor, yaitu sensor gas dan sensor suhu. Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah DHT22. Sensor DHT22 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dan rentang pengukuran yang lebih luas dibandingkan tipe DHT11. Sensor ini bekerja dengan memberikan *output* digital yang stabil, sehingga memudahkan proses kalibrasi suhu pada lingkungan yang fluktuatif seperti kandang *brooding* [13]. Sedangkan untuk sensor gas pada pemgembangan ventilasi pada kandang brooding ini menggunakan MQ-135 untuk deteksi gas amonia dan MQ-2 untuk deteksi gas karbon dioksida. Sensor MQ-135 digunakan secara spesifik untuk mendeteksi kualitas udara dan konsentrasi gas

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

berbahaya seperti amonia (NH3) dan benzen [14]. Sementara itu, MQ-2 memiliki sensitivitas yang baik terhadap gas mudah terbakar dan asap, yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini kebakaran atau anomali gas di area kandang. Bentuk fisik ketiga sensor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor DHT22, Sensor MQ-135 dan Sensor MQ-2

2.4. *Perangkat Keluaran*

Pada penelitian ini, perangkat keluaran yang digunakan adalah Exhaust Fan, Lampu Pijar, Buzzer, dan *Relay*. *Exhaust fan* berfungsi untuk menciptakan sirkulasi udara yang baik, terutama di ruangan yang kurang memiliki ventilasi. *Exhaust fan* diimplementasikan untuk menciptakan sirkulasi udara yang optimal serta membuang gas berbahaya dari ruang kandang *brooding*. Lampu ini digunakan untuk menjaga suhu di dalam kandang agar tetap hangat dan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. *Buzzer* difungsikan sebagai pemberi indikasi audio untuk sinyal peringatan, penanda operasi perangkat, maupun *umpan balik* pada antarmuka pengguna. Sementara itu, *relay* berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh mikrokontroler untuk mengatur arus pada perangkat bertegangan tinggi seperti *exhaust fan* dan lampu pemanas [15]. Penggunaan sistem otomasi ini bertujuan untuk menjaga kestabilan parameter lingkungan kandang tanpa memerlukan intervensi manual yang terus-menerus [16]. Kumpulan perangkat keluaran yang diintegrasikan ke dalam sistem ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perangkat Keluaran

2.5. *Arduino IDE dan Blynk*

Arduino IDE berperan sebagai media pengembang untuk menyunting, memprogram, dan melakukan proses pengunggahan (*upload*) kode logika ke papan mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan berbasis C++, yang memungkinkan pengembang mengatur logika kontrol sensor dan aktuator secara presisi [11]. *Blynk* dimanfaatkan sebagai platform *Internet of Things* (*IoT*) untuk mengonnectkan perangkat keras dengan pusat data digital. *Platform* ini mendukung visualisasi data sensor secara *real-time* dan memberikan notifikasi langsung kepada pengguna jika kondisi bahaya terdeteksi di kandang [17].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan Kelompok Asri Wijaya yang berlokasi di Desa Karanglayung Kecamatan Sukra Kabupaten Indramayu sebagai tempat dilakukannya penelitian. Penelitian ini berfokus pada pemecahan masalah tingginya angka kematian ayam pada fase brooding akibat gas berbahaya (CO2 dan NH3) di kandang brooding Kelompok Asri Wijaya.

3.1. *Metode Pengumpulan Data*

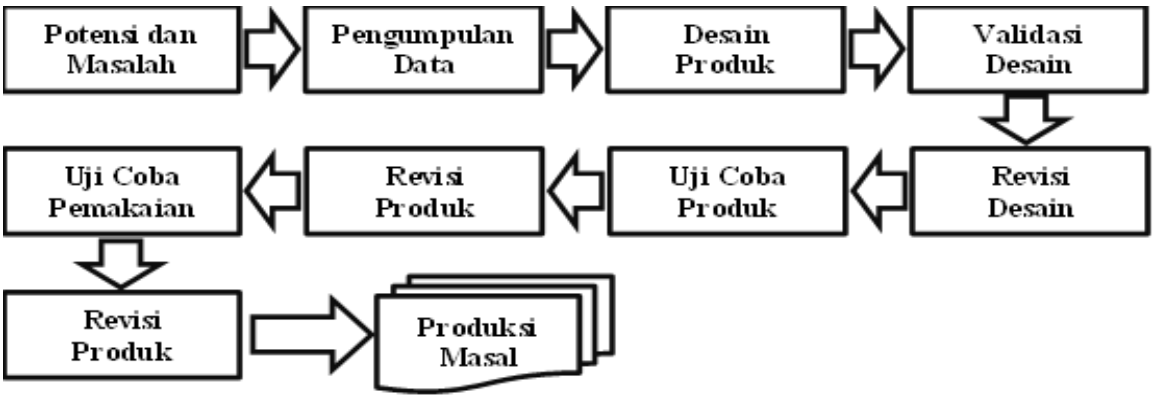
Sebuah penelitian tentunya memerlukan data yang mendukung keberhasilan penelitian tersebut. Berikut adalah beberpa metode pengumpulan data yang diterapkan pada penelitian ini:

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

1. Studi literatur yaitu dengan mengandalkan bahan bacaan seperti buku, jurnal, artikel, skripsi yang sudah ada, dan/atau sumber lain yang berkaitan dan relevan dengan topik penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai referensi jurnal penelitian terdahulu, buku, dan dokumentasi teknis yang relevan dengan sistem *IoT* dan manajemen kandang. Hal ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat serta membandingkan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya [8].
2. Observasi, pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap metode pemeliharaan ayam buras dan mempelajari sistem peliharaan yang sudah berjalan. Kegiatan ini memungkinkan penulis untuk mencatat fenomena dan perilaku yang ada sesuai dengan keadaan sebenarnya.
3. Wawancara adalah percakapan yang dilakukan oleh 2 orang atau lebih untuk memperoleh informasi secara lisan. Tujuannya adalah untuk menggali data dan informasi yang lebih mendalam mengenai sistem yang sudah ada serta memahami kebutuhan sistem yang perlu dikembangkan.

3.2. *Metode Pengembangan R&D*

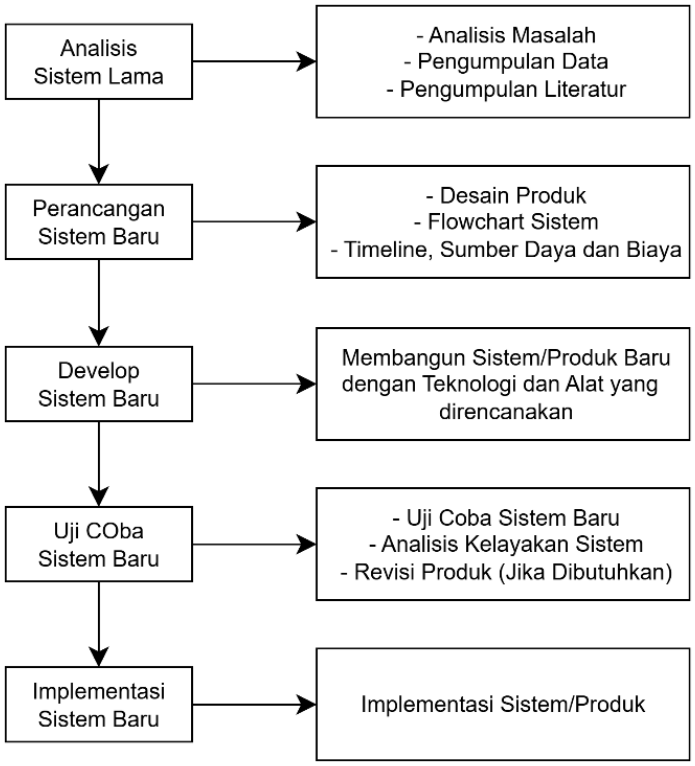
Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D). Berdasarkan landasan teori dari [18], [19], [20], [21], implementasi strategi penelitian dan pengembangan diarahkan pada penciptaan produk spesifik serta pengujian empiris terhadap efektivitas produk tersebut. Langkah-langkah dalam penelitian ini disesuaikan untuk menghasilkan prototipe sistem ventilasi yang valid dan andal. Menurut [18], [22], [23], [24], terdapat langkah pelaksanaan strategi penelitian dan pengembangan yang dilakukan untuk menghasilkan produk tertentu guna menguji keefektifan produk tersebut. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Langkah Pengembangan Metode R&D [18]

Sedangkan dalam penelitian ini, penulis menggunakan tahapan perancangan sistem yang lebih sederhana namun masih memuat langkah-langkah yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Berikut adalah tahapan perancangan sistem yang penulis gunakan dalam penelitian, dengan alur prosesnya ditunjukkan secara rinci pada Gambar 5.

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531



Gambar 5. Model Pengembangan Sistem

Keterangan Model Pengembangan Sistem:

1. Analisis Sistem Lama
   Pada tahap ini penulis melakukan analisis sistem lama sehingga menemukan potensi masalah yang dapat diangkat sebagai bahan penelitian. Selain itu pada tahap ini penulis juga melakukan pengumpulan data dan literatur sebagai bahan pendukung pengembangan sistem baru.
2. Perancangan Sistem Baru
   Setelah mendapatkan potensi masalah yang dapat dikembangkan dalam penelitian. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem baru yang meliputi desain produk/sistem baru, pembuatan flowchart sistem, pembuatan timeline penelitian, pendataan sumber daya yang dibutuhkan, serta perhitungan biaya yang diperlukan.
3. *Develop* Sistem Baru
   Tahap pengembangan atau *develop* sistem baru adalah mengimplementasikan tahapan perancangan sistem baru. Di sini penulis melakukan pengembangan sistem sesuai dengan perencanaan sebelumnya.
4. Uji Coba Sistem Baru
   Setelah selesai di kembangkan, tentunya sistem baru perlu dilakukan uji coba sehingga diketahui kelayakannya. Analisis kelayakan sistem baru juga diperlukan pada tahap ini agar hasil akhir (produk akhir) penelitian ini dapat dimanfaatkan secara luas.
5. Implementasi Sistem Baru
   Setelah lolos uji coba kelayakan maka tahap akhir adalah melakukan implementasi sistem baru pada kandang brooding milik peternak.

3.3. *Flowchart Sistem*

Untuk mengetahui cara kerja sistem, secara sederhana dapat dijabarkan dalam bentuk *flowchart* [25]. Dengan adanya *flowchart* ini, diharapkan dapat mempermudah pemahaman tentang cara kerja sistem. Sistem ventilasi berbasis *IoT* pada kandang *brooding* ayam buras ini diterapkan pada kandang milik peternak skala kecil dimana kondisinya adalah apabila:

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

1. Sensor gas amonia (MQ-135) mendeteksi gas amonia dengan nilai lebih dari 25 ppm maka sistem akan merespon dengan menyalakan *alarm* (*buzzer*) dan menyalakan led sebagai peringatan untuk peternak agar segera membersihkan kotoran;
2. Sensor gas karbon dioksida (MQ-2) mendeteksi gas karbon dioksida lebih dari 3.000 ppm maka sistem akan merespon dengan menyalakan *exhaust fan*;
3. Sensor suhu (DHT22) membaca suhu ruangan dibawah 33 ºC maka sistem akan menyalakan lampu pijar secara otomatis sebagai penghangat ruangan kandang.

Alur logika pemrograman dan urutan kerja perangkat tersebut dari awal hingga akhir digambarkan dalam flowchart pada Gambar 6.



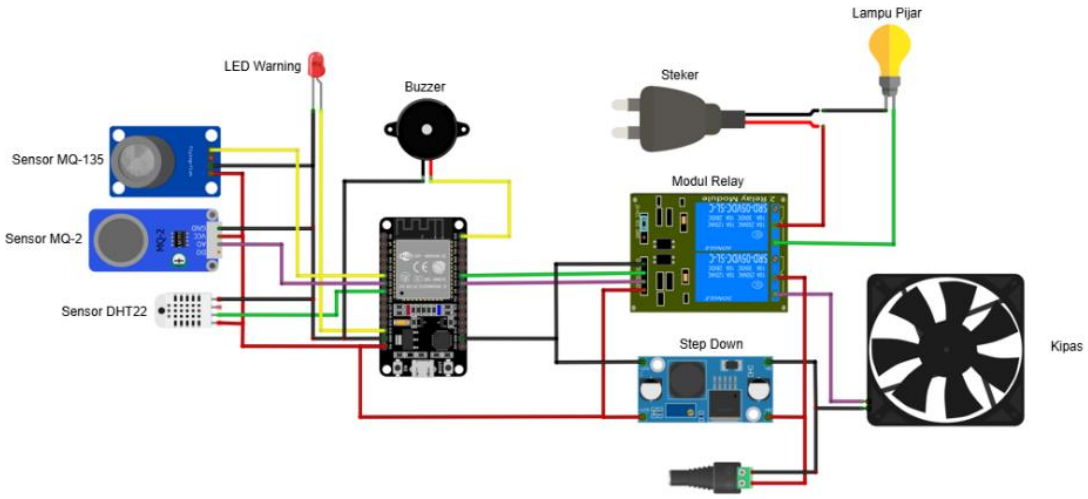
Gambar 6. Flowchart Sistem

3.4. *Perancangan Sistem*

Setelah mengetahui dan memahami *flowchart* sistem tahapan selanjutnya adalah membuat rancangan skematik produk/sistem. Rancangan skematik adalah gambaran program/produk yang dibuat dan dijabarkan dengan jelas mengenai tampilan yang akan dibuat. Dalam pembuatan rancangan ini dibutuhkan *software*

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

yang berfungsi sebagai tempat untuk merancang alat mikrokontroler. Detail koneksi antar komponen serta jalur rangkaian pada sistem yang dikembangkan ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skematik Rangkaian Alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Sistem yang Sudah Berjalan*

Proses penelitian yang telah dilakukan pada Kelompok Ternak Asri Wijaya untuk merancang sistem ventilasi kandang yang dapat berfungsi secara otomatis berdasarkan kondisi kandang brooding secara *real-time.* Permasalahan yang terjadi pada lokasi penelitian adalah tingginya angka kematian ayam pada fase *brooding* akibat perubahan suhu ekstrem dan penurunan performa, efisiensi pakan, serta produktivitas ayam akibat gas berbahaya. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sistem yang mampu memantau kondisi kandang secara real-time sehingga dapat menurunkan angka kematian ayam pada fase *brooding*. Oleh sebab itu, penulis merancang sistem ventilasi berbasis IoT pada kandang brooding ayam buras Kelompok Ternak Asri Wijaya agar ayam yang dipelihara pada fase brooding dapat berkembang dengan baik dan pada akhirnya dapat meningkatkan pendapatan kelompok ternak.

4.2. *Usulan Pemecahan Masalah*

Solusi yang ditawarkan penulis untuk menyelesaikan permasalahan pada Kelompok Ternak Asri Wijaya adalah merancang prototipe sistem ventilasi berbasis *IoT* untuk kandang brooding ayam buras. Sistem ini menggunakan sensor suhu dan sensor gas sebagai input dari sistem. Perancangan sistem ini dapat membantu Kelompok Ternak Asri Wijaya memantau kondisi kandang secara real-time dan memastikan kondisi ideal pada kandang *brooding*.

4.3. *Pengembangan Sistem*

Setelah sistem dirancang dan cara kerjanya diketahui, langkah selanjutnya adalah mengembangkan sistem tersebut. Dalam proses pengembangan ini penulis menggunakan software Arduino IDE. *Software* ini digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke mikrokontroler. Daftar peralatan serta komponen yang digunakan dalam proses pengembangan sistem ini dirinci pada Tabel 3, sedangkan hasil perakitan fisik dan antarmuka pemantauan sistem dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

Cara kerja sistem ini dapat jelaskan sebagai berikut:

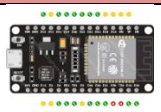
1. Langkah pertama, ketika mikrokontroler ESP32 mendapatkan daya, mikrokontroler akan mengecek koneksi *wi-fi*, koneksi sensor, dan perangkat *output* yang terhubung kepadanya. Jika semuanya ada yang tidak berjalan normal maka sistem tidak akan berjalan.
2. Kemudian Sensor gas amonia (MQ-135) mendeteksi gas amonia dengan nilai lebih dari 25 ppm maka sistem akan merespon dengan menyalakan alarm (*buzzer*) dan menyalakan led sebagai peringatan untuk peternak agar segera membersihkan kotoran;

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

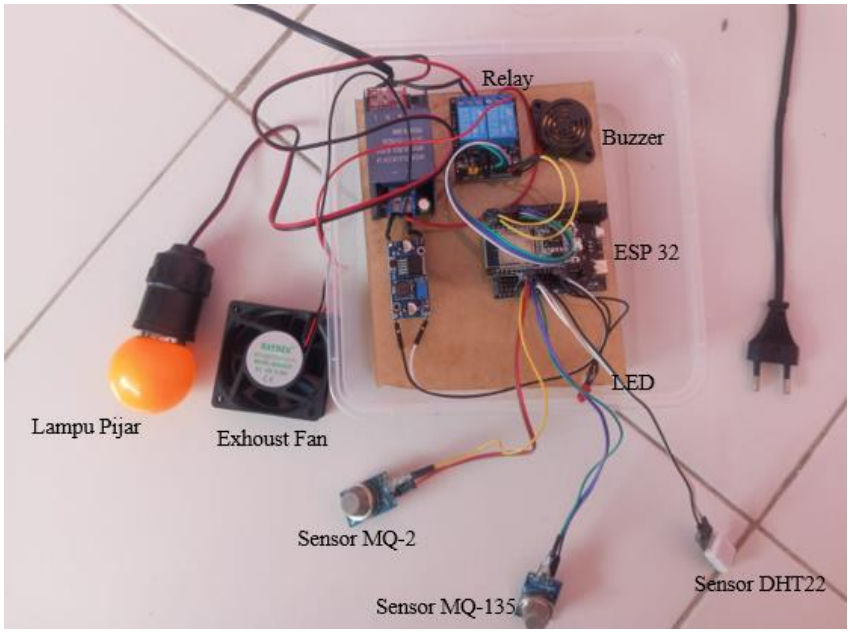
3. Sensor gas karbon dioksida (MQ-2) mendeteksi gas karbon dioksida lebih dari 3.000 ppm maka sistem akan merespon dengan menyalakan *exhaust fan*;

Sensor suhu (DHT22) membaca suhu ruangan dibawah 33 ºC maka sistem akan menyalakan lampu pijar secara otomatis sebagai penghangat ruangan kandang.

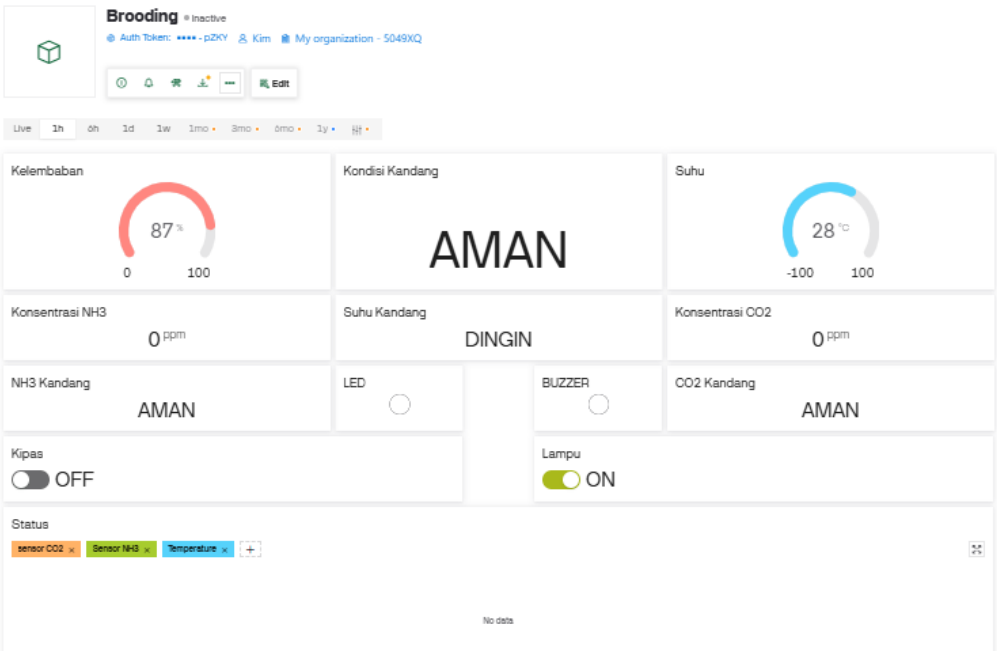
Tabel 3. Komponen Sistem

No	Komponen	Gambar	Keterangan
1	ESP32		ESP32 Devkit digunakan sebagai otak atau processor mikrokontroler dalam pendeteksi sensor
2	Sensor DHT22		Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban
3	Sensor MQ-2		Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi Gas CO2
4	Sensor MQ-135		Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi Gas NH3
5	Relay		Relay digunakan sebagai saklar otomatis
6	Lampu		Lampu digunakan sebagai output ketika sensor suhu mendeteksi suhu dingin
7	Kipas		Kipas digunakan sebagai output ketika sensor MQ-2 dan/atau MQ-135 mendeteksi gas berlebih
8	LED		LED digunakan sebagai peringatan berupa cahaya
9	Buzzer		Buzzer adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara bip. Digunakan untuk memberi peringatan berupa suara ketika terjadi sesuatu (anomali)
10	Step Down		Step down converter (buck converter), berfungsi menurunkan tegangan listrik tinggi menjadi lebih rendah

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531



Gambar 8. Hasil Rangkaian Komponen



Gambar 9. Tampilan Dashboard Blynk

4.4. *Pengujian Sistem*

Pengujian sistem (*system testing*) adalah fase dalam pengembangan perangkat lunak di mana seluruh sistem yang telah terintegrasi diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa sistem tersebut memenuhi persyaratan fungsional dan non-fungsional yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan berdasarkan kondisi yang berbeda-beda. Disini penulis melakukan beberapa kali pengujian untuk menguji masing-masing sensor apakah sesuai dengan output yang diharapkan. Pengujian tersebut dilakukan pada sensor gas MQ-2 dengan *output* kipas, sensor gas MQ-135 dengan *output* kipas dan *buzzer*, serta sensor suhu DHT22 dengan output lampu.

4.4.1. *Pengujian Sensor Suhu (Sensor DHT22*)

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan akurasi sensor DHT22. Pengujian dilakukan setelah kode pembacaan sensor DHT22 diunggah ke mikrokontroler. Proses pengujian dilakukan dengan memanaskan sensor DHT22 menggunakan korek api untuk menaikan suhu yang terbaca. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sensor yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan *output* yang telah ditentukan yaitu menyalakan lampu pijar sebagai pemanas area kandang. Berikut adalah hasil pengujian sensor DHT22 yang telah dilakukan dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor DHT22

Waktu	Suhu (°C)	Lampu	Keterangan
10:09:32	35	Off	Suhu Normal
10:11:12	34	Off	Suhu Normal
10:12:42	33	Off	Suhu Normal
10:13:12	32	On	Suhu dibawah batas
10:14:35	32	On	Suhu dibawah batas
10:17:20	31	On	Suhu dibawah batas

Dari hasil pengujian, sensor DHT22 berjalan normal dan sesuai dengan ketentuan yang sudah dirancang, yaitu lampu pemanas kandang akan menyala ketika suhu kandang kurang dari 33 °C.

4.4.2. *Pengujian Sensor CO2 (Sensor MQ-2)*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan akurasi sensor MQ-2. Pengujian dilakukan setelah kode pembacaan sensor MQ-2 diunggah ke mikrokontroler. Proses pengujian dilaksanakan dengan cara memberikan gas dari korek api atau zat lainnya pada sensor MQ-2 sehingga nilai yang dikirimkan oleh sensor berubah. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sensor yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan *output* yang telah ditentukan yaitu menyalakan kipas sebagai ventilasi kandang. Hasil pengujian dan respons sistem terhadap perubahan kadar gas tersebut dirinci pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor MQ-2 (CO2)

Waktu	CO2 (PPM)	Kipas	Keterangan
10:08:37	25.520	On	CO2 diatas Batas
10:08:39	13.590	On	CO2 diatas Batas
10:08:41	9.819	On	CO2 diatas Batas
10:08:43	2.564	Off	CO2 Normal
10:08:44	701	Off	CO2 Normal
10:08:46	231	Off	CO2 Normal

Dari hasil pengujian, sensor MQ-2 berjalan normal dan sesuai dengan ketentuan yang sudah dirancang, yaitu kipas ventilasi kandang akan menyala ketika konsentrasi CO2 di kandang melebihi 3.000 PPM.

4.4.3. *Pengujian Sensor NH3 (Semsor MQ-135)*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan akurasi dari sensor MQ-135 pengujian dilakukan setelah mengupload *coding* pembacaan sensor MQ-135 ke dalam mikrokontroler. Proses pengujian dilaksanakan dengan cara memberikan gas dari korek api atau zat lainnya pada sensor MQ-135 sehingga nilai yang dikirimkan oleh sensor berubah. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sensor yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan *output* yang telah ditentukan, yaitu menyalakan kipas sebagai ventilasi kandang serta menyalakan *buzzer* dan LED sebagai peringatan. Adapun data hasil pengujian beserta respon dari perangkat-perangkat tersebut dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sensor MQ-135(NH3)

Waktu	NH3 (PPM)	Kipas	Buzzer	Keterangan
10:08:21	0	Off	Off	Amonia Normal
10:08:23	0	Off	Off	Amonia Normal
10:08:25	290	On	On	Amonia diatas batas
10:08:27	104	On	On	Amonia diatas batas
10:08:28	1	Off	Off	Amonia Normal
10:08:29	0	Off	Off	Amonia Normal

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Dari hasil pengujian, sensor MQ-135 berjalan normal dan sesuai dengan ketentuan yang sudah dirancang dimana kipas ventilasi kandang, *buzzer* dan LED akan menyala ketika konsentrasi NH3 pada kandang melebihi 25 PPM.

Setelah melakukan beberapa pengujian seperti yang sudah penulis terangkan diatas, maka penulis mendapatkan beberapa data diantaranya semua sensor dapat berfungsi normal dan sesuai dengan *output* masing-masing. Setiap sensor memiliki ambang batas masing-masing yang telah ditentukan. Misalnya, untuk sensor suhu (DHT22), ambang batasnya kurang dari 33 °C untuk menyalakan lampu. Sensor MQ-2 sebagai pembaca konsentrasi CO2 harus mendapatkan nilai konsentrasi CO2 lebih dari 3.000 ppm untuk menyalakan kipas. Sementara itu, sensor MQ-135 sebagai pembaca konsentrasi NH3 harus membaca nilai konsentrasi lebih dari 25 ppm untuk menyalakan kipas dan buzzer. Kemudian LED akan menyala ketika sensor membaca threshold yang telah ditentukan.

Setelah pengujian masing-masing sensor selesai dilakukan dan sistem berjalan sesuai dengan ketentuan yang sudah dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba langsung dilapangan yakni dengan mengimplementasikan sistem tersebut pada kandang brooding yang ada di Kelompok Ternak Asri Wijaya. Pada pengujian ini penulis membandingkan hasil pembacaan sensor pada sistem dengan alat uji gas NH3 dan CO2 milik Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Indramayu. Data hasil komparasi antara pembacaan sensor sistem dan alat ukur standar tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandaingan Hasil Uji Sistem

Pengujian Suhu (ºC)		Pengujian CO2 (PPM)		Pengujian NH3 (PPM)	
Sensor Sistem	**Termo. Digital**	**Sensor Sistem**	**CO2 Meter**	**Sensor Sistem**	**NH3 Detektor**
32	32.2	302	302.2	5	5.3
32	32.2	300	300.2	6	6.3
32	32.2	289	289.2	6	6.3
32	32.2	289	289.2	6	6.3
32	32.2	300	300.2	4	4.3
32	32.2	231	231.2	4	4.3
32	32.2	243	243.2	5	5.3
32	32.2	253	253.2	5	5.3
32	32.2	259	259.2	7	7.3
32	32.2	252	252.2	4	4.3

Dari tabel hasil pengujian di atas terdapat perbedaan antara data dari sensor dan data aktual dari alat uji yang terstandar. Hal tersebut biasanya disebabkan oleh waktu pembacaan sensor yang tidak sama, sehingga mempengaruhi nilai yang terbaca. Namun, hal ini masih bisa dikatakan baik karena perbedaan hasil pembacaannya tidak terlalu besar, yaitu hanya 0,2.

5. DISKUSI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ventilasi berbasis *Internet of Things* (*IoT*) yang dikembangkan mampu menjaga stabilitas suhu dalam kisaran optimal serta menekan konsentrasi gas berbahaya di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Temuan ini berkaitan langsung dengan tujuan penelitian, yaitu menciptakan sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan kandang brooding yang adaptif dan *real-time*. Stabilitas suhu di sekitar 33 °C serta keberhasilan menjaga kadar NH_3 < 25 ppm dan CO_2 < 3.000 ppm mengindikasikan bahwa integrasi sensor dan aktuator berbasis mikrokontroler berjalan dengan efektif. Sistem ini berperan tidak hanya sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai mekanisme kontrol otomatis yang mampu merespons perubahan lingkungan secara dinamis. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan otomasi berbasis *IoT* berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan mikro di kandang.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan [3] dan [5] yang menyatakan bahwa sistem berbasis *IoT* efektif dalam mendeteksi dan mengendalikan kadar amonia secara otomatis. Penelitian ini juga menghadirkan pengembangan dengan mengintegrasikan pemantauan CO_2 dan suhu secara simultan dalam satu sistem. Pendekatan ini memperluas cakupan studi sebelumnya yang cenderung bersifat parsial, seperti yang dilaporkan

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

oleh [4] yang lebih menitikberatkan pada aspek monitoring tanpa kontrol adaptif. Selain itu, hasil penelitian ini berkaitan dengan temuan [6] bahwa pengendalian suhu dan kualitas udara secara otomatis berpengaruh terhadap kinerja ternak. Posisi penelitian ini berada pada penguatan sekaligus perluasan *knowledge gap* yang telah diidentifikasi pada bagian pendahuluan.

Beberapa temuan menunjukkan adanya selisih kecil antara pembacaan sensor dengan alat ukur standar, meskipun perbedaannya relatif rendah (sekitar 0,2). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh perbedaan waktu pembacaan (sampling delay) serta karakteristik sensor gas tipe MQ yang sensitif terhadap kondisi lingkungan, seperti kelembaban dan suhu. Fenomena serupa juga dilaporkan dalam penelitian [13] yang menyebutkan bahwa akurasi sensor berbasis *low-cost* dipengaruhi oleh faktor eksternal. Nilai deviasi yang kecil tersebut masih berada dalam batas toleransi pengukuran pada konteks aplikasi lapangan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem tetap mampu memberikan representasi data lingkungan yang cukup akurat untuk kebutuhan operasional peternakan skala kecil.

Dari sisi implikasi, penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan sistem kendali lingkungan berbasis *IoT* yang terintegrasi dan adaptif pada sektor peternakan. Pada aspek praktis, sistem ini berkaitan dengan peningkatan efisiensi operasional, pengendalian risiko mortalitas DOC, serta penerapan konsep *Precision Livestock Farming* pada tingkat peternakan rakyat. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dapat diadaptasi pada skala peternakan kecil dengan pendekatan yang ekonomis. Namun, skala implementasi masih terbatas pada prototipe dan belum mencakup lingkungan kandang berskala industri dengan kompleksitas yang lebih tinggi. Selain itu, ketergantungan pada konektivitas jaringan menjadi faktor yang memengaruhi konsistensi kinerja sistem dalam kondisi infrastruktur tertentu.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. *Kesimpulan*

Rancang bangun prototipe sistem ventilasi ini berhasil diimplementasikan sebagai solusi atas tingginya angka kematian ayam pada fase *brooding* yang disebabkan oleh fluktuasi suhu ekstrem dan akumulasi gas berbahaya. Sistem ini terbukti mampu memantau kondisi kandang secara *real-time* untuk menjaga stabilitas lingkungan mikro bagi pertumbuhan ayam. Integrasi mikrokontroler ESP32 dengan berbagai sensor telah berjalan sesuai dengan algoritma yang dirancang:

1. Sistem secara otomatis mengaktifkan lampu pijar sebagai pemanas apabila suhu lingkungan turun di bawah 33 °C untuk mencegah kondisi dingin di area kandang.
2. Manajemen kualitas udara dilakukan dengan mengaktifkan *exhaust fan* secara otomatis saat konsentrasi gas CO2 melampaui ambang batas 3.000 ppm.
3. Sistem peringatan dini melalui *buzzer*, LED, dan aktivasi kipas berfungsi efektif ketika kadar gas amonia (NH3) terdeteksi melebihi 25 ppm, sehingga memberikan sinyal kepada peternak untuk segera melakukan tindakan sanitasi.

6.2. *Saran*

Pemanfaatan sistem catu daya cadangan (seperti baterai atau panel surya) guna memastikan sistem tetap berjalan saat terjadi pemadaman listrik, mengingat pemanas kandang merupakan komponen kritis pada fase *brooding*. Pengembangan selanjutnya dapat mengintegrasikan sistem notifikasi tidak hanya melalui aplikasi *Blynk*, tetapi juga melalui platform pesan instan (*WhatsApp* atau *Telegram*) untuk memastikan peringatan kondisi bahaya (seperti kadar amonia tinggi) dapat diterima lebih cepat oleh peternak. Mengingat sensitivitas sensor gas (MQ-2 dan MQ-135) dapat menurun seiring waktu akibat paparan lingkungan, disarankan adanya modul kalibrasi mandiri secara berkala untuk menjaga akurasi pembacaan data. Penelitian masa depan dapat mencoba menerapkan sistem ini pada kandang berdimensi lebih luas (skala industri) untuk menguji konsistensi sebaran suhu dan efektivitas aliran udara dari kipas ventilasi pada ruang yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

[1] Cobb-Vantress, *Cobb Broiler Management Guide*. Siloam Springs, AR: Vantress, Inc., 2021. [Online]. Available: https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/663d276686/Cobb-Broiler-Management-Guide.pdf

[2] A. A. Justiani, "Hubungan Paparan Gas Amonia terhadap Gangguan Pernapasan pada Pekerja Peternakan Ayam," *J. Med. Hutama*, vol. 2, no. 2, pp. 750–756, 2021. [Online]. Available: https://jmh.pubmedia.id/index.php/jmh/article/view/256

[3] Fatahillah, Nasri, and Munawar, "Rancang Bangun Prototype Pengendali Gas Amonia pada Peternakan Ayam Broiler Berbasis IoT," *J. TEKTRO*, vol. 7, no. 2, pp. 234–237, 2023. [Online]. Available: https://jurnal.pnl.ac.id/tektro/article/view/4243

[4] Pendriadi, S. Meliala, M. A. Muthalib, and A. Bintoro, "Studi Kadar Gas Amonia Menggunakan Sensor MQ135 Menggunakan Spreadsheet Berbasis Internet of Thing (IoT)," *TRANSMISI*, vol. 25, no. 2, pp. 75–84, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.2.75-84.

[5] A. Budiman, R. R. Suryono, and D. Darwis, "Implementasi Sensor Gas Amonia Berbasis Internet of Things pada Peternakan Ayam Potong dengan Sistem Monitoring dan Pengendalian Kualitas Udara Otomatis," *MALCOM*, vol. 5, no. 1, pp. 343–349, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1023.

[6] A. Febrianto, B. Santoso, and H. Setiawan, "Optimasi Manajemen Suhu dan Kualitas Udara pada Kandang Brooding Menggunakan Sistem Otomasi Berbasis Mikrokontroler," *J. Teknol. Pertan. Digit.*, vol. 5, no. 2, pp. 112–125, 2024. [Online]. Available: https://jurnal.itb.ac.id/jtpd/article/view/2024.5.2.3

[7] R. Aspari, L. D. Samsumar, E. Suryadi, A. Akbar, and Zaenudin, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produksi," *J. KOMITEK*, vol. 1, no. 4, pp. 351–358, 2024, doi: 10.51903/komitek.v1i4.432.

[8] J. Fitra, D. Rofianto, and K. Amaliah, "Implementasi Sistem Telemetri Monitoring Gas serta Suhu dan Kelembaban pada Kandang Ayam Closed House Berbasis IoT," *J. Multimedia dan IT*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.46961/jomit.v8i1.1023.

[9] S. Suhaeb, Y. A. Djawad, H. Jaya, Ridwansyah, Sabran, and A. Risal, *Mikrokontroler dan Interface*. Makassar: Univ. Negeri Makassar, 2017. [Online]. Available: http://eprints.unm.ac.id/11234

[10] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet v5.2," Shanghai, China: Espressif Systems, 2025. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

[11] A. Priyansah, M. Adam, T. Arrahman, and N. Sakdiyah, "Kotak Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Sensor Ultrasonik," *JTECE*, vol. 7, no. 2, pp. 176–187, 2025, doi: 10.51903/jtece.v7i2.512.

[12] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5312.

[13] D. Setiawati, R. V. Yuliantari, and B. Fatkhurrozi, "Design and Development of an IoT-Based Temperature and Ammonia Gas Detector Using Fuzzy Logic for Broiler Chicken Coops," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 148–154, 2021, doi: 10.30871/jaee.v5i2.3251.

[14] A. Ramadhan, M. Yusuf, and R. Trisna, "Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis IoT Sebagai Alat Bantu Keselamatan Rumah Tangga," *Zetroem*, vol. 3, no. 2, pp. 15–21, 2023, doi: 10.33005/zetroem.v5i2.112.

[15] T. U. Syamsuri, R. N. Amalia, N. Huda, and M. I. Arifin, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik di Asrama Berbasis Web Menggunakan ESP32," *Elposys*, vol. 9, no. 3, pp. 139–145, 2023, doi: 10.31593/elposys.v9i3.921.

[16] H. Kusuma and D. Putra, "Penerapan Sistem Otomasi pada Kandang Brooding untuk Mengurangi Human Error," *J. Tek. dan Manajemen Ind.*, vol. 17, no. 1, pp. 45–53, 2022, doi: 10.22441/jtmi.v17i1.14512.

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

[17] R. Hidayat and Y. Saragih, "Evaluasi Penggunaan Aplikasi Blynk dalam Monitoring Sistem Pertanian dan Peternakan Cerdas," *JSON*, vol. 3, no. 4, pp. 512–520, 2022, doi: 10.30865/json.v3i4.4123.

[18] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019. [Online]. Available: https://cvalfabeta.com/product/metode-penelitian-kuantitatif-kualitatif-dan-rd

[19] D. M. Anwar, I. Emita, M. Melyani, I. R. Rahadjeng, W. Indrarti, A. Rafik, and D. I. Sari, "Optimizing Regional Financial Management through the Transformation of the Digital Financial Information System in the Bekasi City Government," *J. Technol. Inform. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 200–218, 2026, doi: 10.51903/jtie.v5i1.495.

[20] A. Zainudin and E. Siswanto, "Leveraging Machine Learning for Personalized Recommendations in Mobile Tourism: A Study on Collaborative and Content-Based Filtering," *J. Technol. Inform. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 235–248, 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i2.190.

[21] S. Setiani and B. Sudirman, "Security Design in Doors and Windows Arduino Based Using Fingerprint and SMS Gateway (Case Study at Pesona Asri Tembalang Housing)," *J. Technol. Inform. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 48–88, 2023, doi: 10.51903/jtie.v2i2.170.

[22] G. Pebadja and S. Kholifah, "The Impact of Brand Image, Pricing Strategies, and Product Quality on Consumer Loyalty in the Coffee Industry: An Empirical Study Using Structural Equation Modeling," *J. Manage. Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–20, 2023, doi: 10.51903/jmi.v2i2.134.

[23] S. Handoko and N. Qosidah, "Supporting Strategic Intuition for Product Feature Innovation in Early-Stage Fintech Payments Start-ups," *J. Manage. Inform.*, vol. 4, no. 3, pp. 1043–1058, 2025, doi: 10.51903/jmi.v4i3.234.

[24] M. Melyani, R. Swastika, R. Widyastuti, R. K. Shaura, E. Y. Pramularso, D. T. Anggarini, and D. Tambunan, "The Effect of Quality Product, Price Perception, and Promotion on Vivo Smartphone Purchase Decisions: A Study at the Archa Phone Counter in Bekasi," *J. Manage. Inform.*, vol. 4, no. 3, pp. 915–932, 2025, doi: 10.51903/jmi.v4i3.203.

[25] J. P. A. Kris and J. Lahallo, "Design of Customer Queue Management System in Barbershop," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 321–339, 2025, doi: 10.51903/m6be0y92.