

Sistem Peringatan Dini Berbasis IoT untuk Monitoring dan Pengelolaan Gas Amonia dan Suhu pada Kandang Ayam

Intan Mardiana Sukma*, Muhammad Imam Ghozali, Wibowo Harry Sugiharto

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia

Email: ¹*202151028@std.umk.ac.id, ²imam.ghozali@umk.ac.id, ³wibowo.harrys@umk.ac.id

Email Penulis Korespondensi: 202151028@std.umk.ac.id*

Submitted: 28/07/2025; Accepted: 08/08/2025; Published: 08/09/2025

Abstrak– Kualitas lingkungan kandang merupakan faktor krusial dalam budidaya ayam broiler, khususnya dalam menjaga suhu, kelembaban, dan kadar gas amonia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem peringatan dini berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11, sensor MICS5524, LCD, serta sistem kipas exhaust otomatis. Sistem dirancang untuk memantau parameter lingkungan secara real-time dan merespons kondisi ekstrem dengan mengaktifkan kipas secara otomatis guna menjaga kestabilan udara kandang. Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan Waterfall, yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, serta evaluasi. Hasil pengujian selama 24 jam menunjukkan bahwa sistem mampu merespons kenaikan suhu atau kadar amonia dalam waktu 3–5 detik. Sistem tetap bekerja stabil meskipun terjadi gangguan koneksi internet, karena logika pengambilan keputusan dilakukan secara lokal oleh ESP32. Visualisasi data ditampilkan pada web monitoring dengan interval 30 menit dan LCD secara langsung setiap 1–3 detik. Analisis statistik sederhana menunjukkan rata-rata suhu 30.9°C, kelembaban 90.8%, dan kadar amonia 8.7 ppm, yang masih berada dalam ambang aman. Sistem ini terbukti efektif dan andal dalam menjaga kualitas udara kandang secara otomatis dan adaptif. Implementasi sistem ini memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi pengelolaan kandang ayam broiler dalam konteks peternakan presisi berbasis teknologi digital.

Kata kunci: Internet of Things (IoT); ayam broiler; ammonia; suhu; monitoring kandang.

Abstract– The quality of the cage environment is a crucial factor in broiler chicken farming, especially in maintaining temperature, humidity, and ammonia gas levels. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based early warning system using an ESP32 microcontroller, DHT11 sensor, MICS5524 sensor, LCD, and an automatic exhaust fan system. The system is designed to monitor environmental parameters in real-time and respond to extreme conditions by automatically activating the fan to maintain stable air in the cage. The system development method uses the Waterfall approach, which includes the stages of needs analysis, design, implementation, testing, and evaluation. The results of the 24-hour test showed that the system was able to respond to increases in temperature or ammonia levels within 3–5 seconds. The system remains stable even if there is an internet connection disruption, because the decision-making logic is carried out locally by the ESP32. Data visualization is displayed on the web monitoring with a 30-minute interval and the LCD directly every 1–3 seconds. A simple statistical analysis showed an average temperature of 30.9°C, humidity of 90.8%, and ammonia levels of 8.7 ppm, all within safe limits. This system has proven effective and reliable in automatically and adaptively maintaining barn air quality. Implementation of this system significantly contributes to the efficiency of broiler barn management within the context of digital technology-based precision farming.

Keywords: Internet of Things (IoT); broiler chickens; ammonia; temperature; barn monitoring.

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan ayam broiler memiliki kontribusi besar dalam penyediaan kebutuhan protein hewani masyarakat Indonesia. Ketersediaan daging ayam yang terjangkau menjadikan industri ini terus berkembang dari tahun ke tahun. Dalam praktiknya, keberhasilan budidaya ayam broiler tidak hanya bergantung pada pakan dan bibit unggul, tetapi juga ditentukan oleh manajemen lingkungan kandang yang optimal [1]. Lingkungan kandang yang buruk dapat menimbulkan berbagai gangguan fisiologis. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah menyebabkan stres termal, sementara kualitas udara yang rendah terutama karena tingginya kadar gas amonia dapat menyebabkan gangguan pernapasan, penurunan konsumsi pakan, serta peningkatan angka kematian ayam [2]. Amonia, yang dihasilkan dari dekomposisi kotoran ayam, menjadi polutan utama dalam kandang tertutup.

Studi oleh [3] menunjukkan bahwa paparan amonia berlebih menurunkan indeks limpa dan timus ayam serta menurunkan ekspresi reseptor TLR4 pada jaringan trakea dan paru-paru. Hal ini menyebabkan immunosupresi dan stres oksidatif, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan performa ayam broiler. Konsentrasi amonia di atas 35 ppm terbukti menghambat pertumbuhan otot dan bobot potong ayam, menunjukkan perlunya pengendalian ketat terhadap parameter lingkungan ini. Sayangnya, pemantauan lingkungan di banyak peternakan tradisional masih dilakukan secara manual. Metode manual tidak mampu memberikan data yang akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan yang dinamis. Hal ini menimbulkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan oleh peternak, yang dapat berujung pada kerugian secara ekonomi dan kesehatan ternak [4].

Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, berbagai penelitian telah mengembangkan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) [5]. merancang sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT11 serta MQ-135 untuk mengukur suhu dan kadar amonia. Sistem tersebut dapat mengaktifkan kipas secara otomatis saat parameter melebihi ambang batas dan mengirimkan data ke platform Antares. Hasilnya menunjukkan efektivitas pemantauan lingkungan kandang secara

real-time [6]. mengembangkan sistem lebih kompleks dengan menggabungkan fitur smart farming berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk. Sistem ini tidak hanya memantau suhu dan gas, tetapi juga mengatur pemberian pakan dan air otomatis. Sementara itu, [7] serta menambahkan fitur pembersihan otomatis dan kontrol suhu menggunakan kipas dan pemanas yang diaktifkan oleh data sensor [8].

Namun demikian, kebanyakan sistem yang ada masih menggunakan batas ambang tetap tanpa mempertimbangkan karakteristik ayam berdasarkan umur atau ras. Sistem ini juga belum mengintegrasikan analisis prediktif atau machine learning untuk mengenali tren berbahaya dari data historis. [9]. mengakui bahwa meskipun sistem mereka terhubung dengan aplikasi Android melalui Firebase, kemampuan adaptifnya masih terbatas. Kesenjangan lainnya terletak pada kurangnya sistem peringatan dini yang mudah digunakan dan memberikan notifikasi real-time kepada peternak. Banyak penelitian masih berada pada tahap prototipe dan belum diimplementasikan dalam skala komersial [8] [13]. Padahal, sistem yang responsif dan otomatis akan sangat membantu peternak dalam menjaga stabilitas kandang secara berkelanjutan.

Penerapan teknologi canggih dalam peternakan tidak hanya berkaitan dengan efisiensi kerja, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan hewan. Sistem otomatisasi dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan mengoptimalkan penggunaan energi serta sumber daya. Selain itu, penggunaan sensor presisi memberikan data yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan observasi manual, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat. Perkembangan teknologi seperti IoT, sensor pintar, dan sistem kendali otomatis kini dapat dimanfaatkan dalam peternakan presisi. Dengan sistem real-time berbasis cloud dan web monitoring, peternak dapat memperoleh data lingkungan kapan saja dan dari mana saja [10]. Teknologi ini sejalan dengan visi transformasi digital dalam sektor pertanian 4.0 [14].

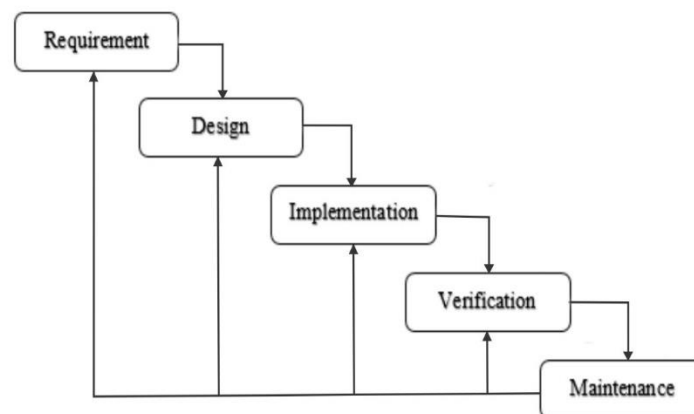
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem peringatan dini berbasis IoT untuk pemantauan suhu dan kadar gas amonia di kandang ayam broiler. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor MICS5524, serta DHT11, dan dilengkapi kipas exhaust yang diaktifkan otomatis melalui modul relay. Selain itu, data ditampilkan melalui LCD dan aplikasi web sebagai antarmuka pengguna.

Dengan sistem ini, peternak diharapkan mampu memantau dan menjaga kestabilan lingkungan kandang secara efisien. Sistem ini tidak hanya memberikan data real-time, tetapi juga mengotomatiskan respons terhadap kondisi ekstrem. Dampaknya, produktivitas ayam meningkat, risiko penyakit menurun, dan operasional peternakan menjadi lebih adaptif serta terukur secara digital. Ke depan, integrasi dengan sistem kecerdasan buatan dan big data analytics dapat semakin menyempurnakan solusi ini, membuka peluang untuk pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan berbasis prediksi, bukan hanya reaksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Model Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa perangkat lunak dengan pendekatan Waterfall. Model Waterfall dipilih karena proses pengembangannya yang sistematis dan terstruktur, di mana setiap tahap dilakukan secara berurutan dan harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Dalam proses pengembangan sistem, penulis menggunakan metode waterfall karena dapat memastikan pengembangan sistem berjalan secara sistematis dan terencana [11]. Model ini cocok digunakan dalam proyek yang kebutuhan dan tujuannya telah didefinisikan dengan jelas sejak awal.



Gambar 1. Metode Waterfall

Adapun tahapan-tahapan dalam metode Waterfall yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

a. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan sistem, baik fungsional maupun non-fungsional. Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi langsung di lingkungan kandang ayam, serta analisis terhadap parameter lingkungan seperti suhu dan kadar gas amonia. Hasil dari tahap ini adalah dokumen spesifikasi kebutuhan sistem, termasuk jenis sensor yang digunakan, perangkat kendali, serta fitur yang harus dimiliki oleh sistem monitoring dan pengendalian.

b. Perancangan Sistem

Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor MICS5524 untuk deteksi gas amonia dan DHT11 untuk pemantauan suhu serta kelembaban. Proses aktuasi dilakukan menggunakan modul relay yang mengendalikan kipas exhaust secara otomatis untuk menjaga kondisi lingkungan kandang ayam.

Antarmuka sistem menggunakan LCD 16x2 untuk tampilan lokal dan web monitoring berbasis IoT untuk akses jarak jauh. Pendekatan ini mengadopsi rancangan sistem serupa yang telah diterapkan pada peternakan unggas berbasis IoT guna meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian lingkungan kandang [12].

c. Implementasi

Setelah desain selesai, dilakukan proses perakitan perangkat keras dan pemrograman mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman Arduino. Sensor gas dan suhu diintegrasikan dengan ESP32, dan logika kontrol seperti batas ambang suhu dan kadar gas ditanamkan ke dalam sistem. Web interface dikembangkan menggunakan platform yang mendukung pengiriman data secara real-time.

d. Pengujian Sistem

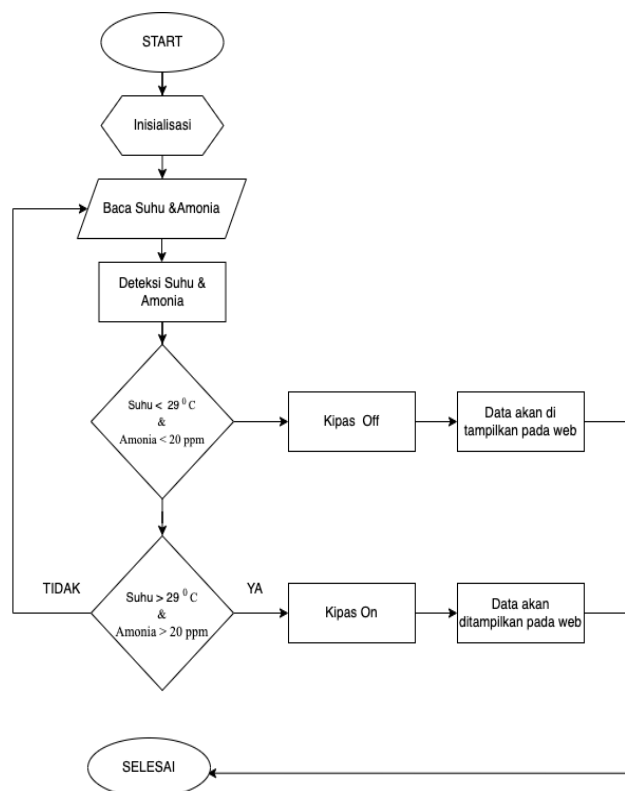
Sistem yang dikembangkan telah melalui tahap pengujian guna memastikan bahwa seluruh fungsinya berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Proses pengujian mencakup simulasi berbagai kondisi suhu dan kadar gas untuk menilai akurasi sensor, kecepatan respon kipas exhaust, serta kehandalan tampilan data pada LCD dan sistem monitoring berbasis web. Uji coba dilakukan untuk memverifikasi bahwa semua komponen beroperasi sebagaimana mestinya dan sistem dapat memberikan peringatan dini secara tepat waktu, mengambil data berlangsung selama satu hari penuh dengan sistem per detik.

e. Pemeliharaan dan Evaluasi

Setelah sistem dinyatakan berjalan dengan baik, dilakukan evaluasi akhir dan pemeliharaan berkala terhadap sistem. Tahap ini bertujuan untuk memastikan sistem tetap stabil dan dapat digunakan dalam jangka Panjang.

2.2 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam sistem peringatan dini berbasis IoT untuk monitoring suhu dan kadar gas amonia pada kandang ayam dilakukan melalui tahapan logis yang ditampilkan dalam bentuk flowchart. [15] Proses dimulai dari tahap inialisasi sistem, di mana mikrokontroler ESP32, sensor DHT11 untuk suhu dan kelembaban, serta sensor MIC5524 untuk mendeteksi gas amonia diaktifkan dan dikalibrasi [16][17]. Setelah itu, sistem secara berkala membaca data suhu dan kadar amonia di lingkungan kandang. Nilai-nilai sensor tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan apakah berada dalam ambang batas normal atau melebihi batas yang ditentukan.



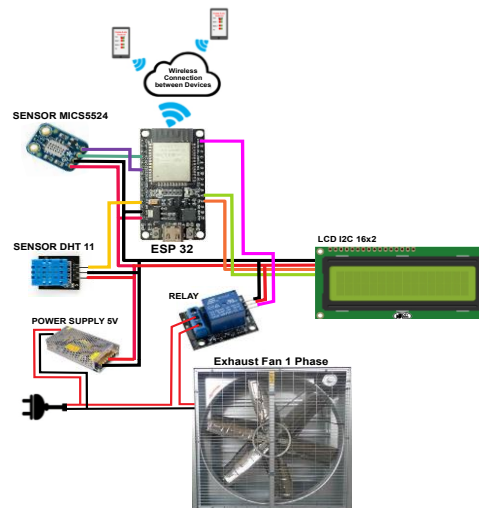
Gambar 2. Flowchat Rancangan Alur Sistem

Jika suhu yang terbaca berada di bawah atau sama dengan 29°C dan kadar amonia di bawah atau sama dengan 20 ppm, maka sistem akan memutuskan bahwa kondisi kandang masih dalam keadaan normal. Dalam kondisi ini, kipas exhaust tetap dalam keadaan mati (OFF), namun data tetap ditampilkan dan dikirim ke platform monitoring berbasis web agar dapat diakses oleh peternak. Sebaliknya, apabila suhu melebihi 29°C atau kadar amonia melebihi 20 ppm, maka sistem secara otomatis akan mengaktifkan kipas exhaust (ON) untuk memperbaiki kualitas udara dan menstabilkan suhu di dalam kandang.

Semua data hasil pemantauan, baik suhu, kelembaban, maupun kadar gas, akan ditampilkan melalui LCD dan web monitoring secara real-time. Penggunaan flowchart ini membantu memvisualisasikan proses pengambilan keputusan oleh sistem secara otomatis berdasarkan nilai parameter yang terdeteksi. Dengan cara ini, peternak tidak perlu melakukan pemantauan secara manual dan dapat merespon lebih cepat terhadap kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Sistem ini bekerja secara berulang dan berkesinambungan selama perangkat aktif, sehingga dapat menjaga kestabilan kondisi kandang secara optimal.

2.3 Perancangan Alat

Perancangan perangkat keras sistem peringatan dini berbasis IoT untuk monitoring suhu dan gas amonia di kandang ayam ini melibatkan integrasi beberapa komponen utama.



Gambar 3. Perancangan Hardware Sistem

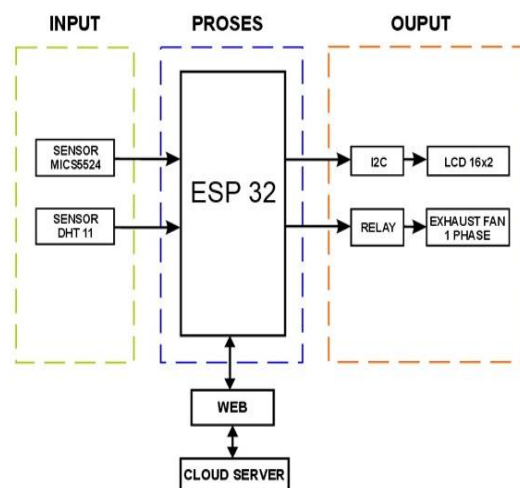
Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem, yang menghubungkan seluruh sensor dan aktuator serta menangani komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi. Sensor DHT11 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban udara di dalam kandang, sedangkan sensor MICS5524 bertugas mendeteksi kadar gas amonia (NH_3) di udara. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut dikirim ke ESP32 untuk dianalisis.

Sebagai tampilan lokal, data suhu dan amonia ditampilkan pada modul LCD I2C 16x2, yang terhubung langsung ke ESP32. Untuk menjaga kestabilan lingkungan kandang, kipas exhaust digunakan sebagai alat pengendali sirkulasi udara. Kipas ini dikendalikan oleh modul relay 2 channel, yang juga terhubung ke ESP32 dan mendapat suplai daya dari adaptor 5V. Sistem ini juga dilengkapi dengan konektivitas nirkabel untuk mengirimkan data pemantauan ke web interface, sehingga pengguna dapat mengakses informasi secara real-time dari jarak jauh menggunakan perangkat berbasis internet.

Secara keseluruhan, desain ini menunjukkan alur kerja sistem mulai dari akuisisi data lingkungan, pemrosesan logika, hingga aksi pengendalian dan penyajian informasi. Integrasi antar komponen dilakukan dengan pengkabelan yang mengacu pada kebutuhan daya dan komunikasi masing-masing perangkat. Dengan perancangan ini, sistem diharapkan dapat bekerja secara otomatis dan responsif dalam menjaga kualitas lingkungan kandang ayam.

2.4 Diagram blok

Diagram blok sistem menunjukkan alur kerja dari sistem peringatan dini berbasis IoT yang dirancang untuk memantau suhu dan kadar gas amonia di kandang ayam.



Gambar 4. Diagram Blok

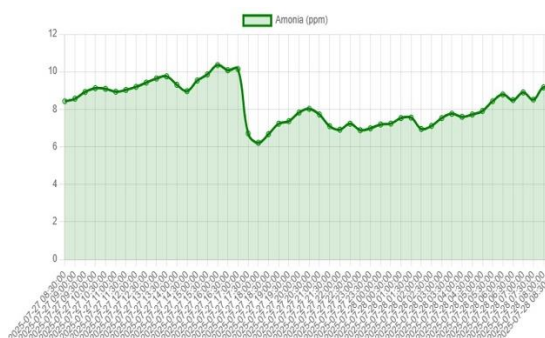
Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, terdapat dua sensor utama: sensor MICS5524 yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia di udara dan sensor DHT11 yang berfungsi untuk mengukur suhu serta kelembaban lingkungan kandang. Kedua sensor ini mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 sebagai

pusat pengolahan data. Bagian proses dilakukan sepenuhnya oleh ESP32, yang menerima data dari sensor, memproses informasi tersebut, dan menentukan langkah selanjutnya berdasarkan kondisi lingkungan. Jika suhu atau kadar gas amonia melebihi ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan output yang sesuai. bagian output, ESP32 mengontrol dua perangkat utama. Melalui komunikasi I2C, data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada modul LCD 16x2, yang berfungsi untuk memberikan informasi secara langsung kepada pengguna di lokasi. Selain itu, ESP32 mengaktifkan modul relay untuk menyalakan kipas exhaust 1 phase, yang berfungsi mengatur sirkulasi udara di dalam kandang agar tetap dalam kondisi ideal. Seluruh data juga dikirim ke sistem web dan cloud server, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kandang secara real-time dari jarak jauh melalui perangkat berbasis internet[18]. Diagram blok ini menggambarkan hubungan antar komponen dan alur kerja sistem secara terstruktur dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Visualisasi Data

Data suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas amonia dikumpulkan secara otomatis melalui sistem Internet of Things (IoT) yang dipasang di kandang ayam broiler. Sistem ini menggunakan sensor MICS5524 untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu serta kelembaban udara di dalam kandang. Setiap pembacaan sensor dilakukan dengan interval 1 detik, namun data yang ditampilkan pada antarmuka web divisualisasikan dalam interval 30 menit. Untuk memastikan keberlanjutan pemantauan saat koneksi internet terganggu, data juga ditampilkan melalui modul LCD.

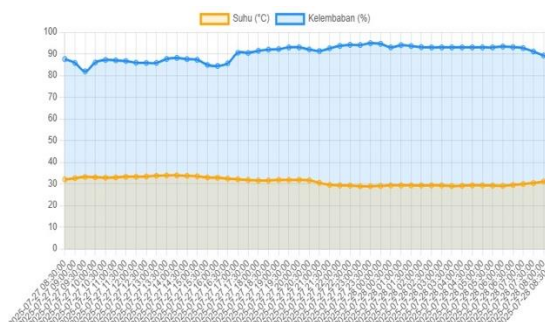


Gambar 5. Grafik Gas Amonia

Gambar 5 memperlihatkan grafik konsentrasi gas amonia selama periode pemantauan. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kadar amonia umumnya berada dalam rentang 8 hingga 10 ppm, dengan penurunan tajam sesaat yang kemudian diikuti oleh kenaikan kembali. Fluktuasi ini mencerminkan dinamika lingkungan kandang yang dipengaruhi oleh aktivitas ayam, kelembaban, serta sirkulasi udara. Menurut penelitian (Barbosa et al., 2024), kadar amonia yang melebihi 10 ppm dapat menyebabkan gangguan fisiologis seperti iritasi mata dan saluran pernapasan, serta meningkatkan risiko pododermatitis pada ayam broiler. Oleh karena itu, visualisasi data semacam ini sangat penting untuk mendeteksi waktu kritis dan memicu intervensi otomatis seperti aktivasi kipas exhaust.

Penurunan kadar amonia yang tajam dalam salah satu segmen grafik menunjukkan kemungkinan telah dilakukannya tindakan korektif oleh sistem, seperti aktivasi kipas exhaust atau ventilasi tambahan. Respons otomatis ini menunjukkan keberhasilan sistem peringatan dini dalam menjaga kualitas udara kandang secara adaptif. Dalam konteks peternakan intensif, kecepatan sistem dalam merespons perubahan lingkungan menjadi kunci keberhasilan mitigasi risiko gangguan kesehatan pada ternak.

Selain itu, pola perubahan kadar amonia juga dapat memberikan gambaran tentang efektivitas ventilasi dan kepadatan populasi ayam dalam kandang. Misalnya, lonjakan kadar amonia yang berulang dapat menjadi indikasi adanya area dengan sirkulasi udara buruk atau akumulasi kotoran yang berlebihan. Dengan analisis data historis yang dikumpulkan sistem, pengelola kandang dapat merancang strategi pembersihan yang lebih efektif dan menyesuaikan distribusi ayam untuk mengurangi tekanan lingkungan secara lokal.



Gambar 6. Suhu Dan Kelembaban

Gambar 6 menampilkan data suhu dan kelembaban kandang. Suhu terantau stabil antara 30°C hingga 32°C sepanjang waktu, menunjukkan bahwa sistem pengendalian suhu bekerja efektif menjaga lingkungan dalam rentang optimal untuk pertumbuhan ayam broiler. Namun, kelembaban relatif berada pada tingkat sangat tinggi, yaitu lebih dari 85% secara

konsisten. Kelembaban tinggi berkontribusi pada proses dekomposisi feses yang mempercepat pelepasan gas amonia ke udara. (Arifin et al., 2021) menyatakan bahwa suhu optimal dan kelembaban tinggi merupakan dua faktor utama yang mempercepat volatilisasi amonia dalam kandang tertutup.

Konsistensi suhu yang ideal menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan kestabilan iklim mikro di dalam kandang, yang penting dalam menekan stres fisiologis pada ayam. Penurunan fluktuasi suhu secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi metabolisme dan pertumbuhan ayam, sekaligus menurunkan angka kematian akibat heat stress. Integrasi kontrol suhu dan kelembaban otomatis memungkinkan pengelolaan lingkungan yang lebih presisi dibandingkan metode manual konvensional.

Namun, tingginya kelembaban yang berkelanjutan tetap menjadi perhatian penting. Kelembaban berlebih tidak hanya mempercepat pembentukan amonia, tetapi juga meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme patogen seperti bakteri dan jamur. Oleh karena itu, sistem monitoring ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan pengendali kelembaban aktif atau penyaring udara berbasis filter karbon untuk menjaga kadar kelembaban tetap di bawah batas kritis. Dengan demikian, sistem tidak hanya mendeteksi masalah, tetapi juga memberikan solusi berkelanjutan untuk menciptakan lingkungan kandang yang lebih sehat dan produktif.

3.2 Pengujian Respon Sistem

Pengujian respon sistem bertujuan untuk menilai tingkat keandalan dan kecepatan sistem dalam merespons perubahan parameter lingkungan yang terdeteksi oleh sensor, khususnya sensor MICS5524 untuk amonia dan DHT11 untuk suhu serta kelembaban. Fokus utama pengujian ini adalah mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengambil keputusan otomatis untuk menyalakan atau mematikan kipas exhaust berdasarkan ambang batas yang telah ditetapkan, yaitu suhu di atas 29°C dan kadar amonia lebih dari 20 ppm. Sistem dirancang agar mampu membaca data secara real-time dan merespons secara cepat guna menjaga kualitas udara dalam kandang ayam. Selama pengujian berlangsung, sistem menunjukkan performa yang andal, di mana kipas dapat aktif dalam waktu 3 hingga 5 detik setelah sensor mendeteksi suhu atau kadar amonia yang melebihi ambang batas. Mekanisme keputusan yang diterapkan menggunakan logika OR, artinya kipas akan tetap beroperasi selama salah satu parameter (suhu atau amonia) berada dalam kondisi tidak aman. Kipas hanya akan berhenti bekerja ketika kedua parameter kembali ke nilai normal. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mempertahankan lingkungan kandang dalam kondisi stabil secara adaptif.

Pengujian dilakukan selama 24 jam penuh, dimulai pukul 08.30 pada tanggal 27 hingga 08.30 tanggal 28. Selama periode ini, sistem beroperasi secara stabil dan mampu menampilkan data lingkungan secara real-time, baik melalui platform web monitoring maupun LCD lokal. Ketika terjadi gangguan koneksi internet, proses pengambilan keputusan tetap berlangsung secara lokal oleh mikrokontroler ESP32, dan data dapat terus diakses melalui tampilan LCD, memastikan sistem tetap berfungsi secara mandiri tanpa ketergantungan pada koneksi jaringan.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem dirancang dengan fitur fail-safe yang efektif, memberikan keandalan tambahan khususnya di wilayah dengan akses internet yang terbatas. Respon otomatis yang cepat terhadap kondisi lingkungan yang tidak stabil memungkinkan peternak untuk mengandalkan sistem dalam pengawasan tanpa intervensi manual. Sistem terbukti mampu mendeteksi kondisi ekstrem dan mengaktifkan aktuatur secara tepat waktu, memberikan perlindungan terhadap ternak dan mendukung pengelolaan kandang secara efisien.



Gambar 7. Implementasi Box

Sebagai bukti visual implementasi box menampilkan sistem saat berada dalam kondisi lingkungan yang masih dalam batas aman, dengan suhu 34.2°C, kelembaban 90%, dan kadar amonia sebesar 1.3 ppm. Data ini ditampilkan secara langsung melalui LCD dengan jeda tampilan hanya 1–3 detik setelah pengambilan data. Indikator LED menunjukkan status sistem aktif, dan voltmeter memperlihatkan tegangan suplai stabil pada 222V, yang menandakan sistem bekerja dalam kondisi optimal.

Kemampuan sistem untuk menampilkan informasi secara lokal meskipun tanpa koneksi internet memperkuat keunggulan desain sistem berbasis IoT ini. Dengan performa yang stabil, responsif, dan tidak tergantung pada koneksi eksternal, sistem ini menjadi solusi praktis dan dapat diandalkan dalam implementasi peternakan ayam berbasis teknologi modern.

3.3 Analisis Statistik Sederhana

Analisis statistik sederhana dilakukan terhadap data pemantauan suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas amonia yang dikumpulkan secara otomatis selama 24 jam penuh, mulai pukul 08.30 tanggal 27 hingga pukul 08.30 tanggal 28. Data dikumpulkan setiap 1 detik dan direkap secara berkala setiap 30 menit, menghasilkan total 48 titik data untuk masing-masing parameter. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi kecenderungan nilai rata-rata, nilai minimum dan maksimum, serta distribusi umum dari masing-masing parameter lingkungan yang dimonitor.

Tabel 1. Hasil Ringkasan Statistik Dari Ketiga Parameter Yang Diamati

Parameter	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Rentang
Suhu (°C)	30.9	29.8	32.5	2.7
Kelembaban (%)	90.8	87.4	94.2	6.8
Amonia (ppm)	8.7	6.2	11.1	4.9

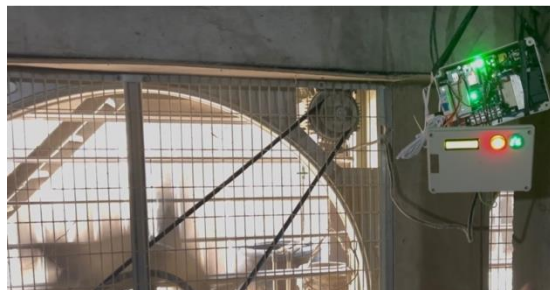
Berdasarkan data tersebut, suhu kandang berada pada kisaran yang relatif stabil dengan rata-rata 30.9°C, yang masih tergolong aman untuk ayam broiler. Rentang suhu yang sempit menunjukkan efektivitas sistem dalam menjaga kestabilan termal di dalam kandang. Kelembaban menunjukkan nilai rata-rata yang sangat tinggi, yaitu 90.8%, yang konsisten dengan pengamatan visual pada grafik sebelumnya. Kelembaban yang tinggi dapat mempercepat pembentukan amonia, dan hal ini terbukti dengan konsentrasi amonia yang juga menunjukkan variasi cukup besar dengan rentang hingga 4.9 ppm.

Distribusi data menunjukkan bahwa pada beberapa titik, kadar amonia sempat mencapai nilai maksimum 11.1 ppm, yang mendekati ambang kritis 20 ppm. Meski tidak melebihi batas bahaya, kecenderungan naik-turun ini mengindikasikan pentingnya ventilasi aktif secara berkala. Nilai minimum amonia 6.2 ppm menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan kadar gas secara efektif melalui aktivasi kipas exhaust.

Analisis ini menguatkan bahwa sistem peringatan dini berbasis IoT yang dikembangkan tidak hanya mampu mendeteksi kondisi lingkungan, tetapi juga secara aktif mempertahankan kestabilan parameter melalui logika kendali yang tepat. Dengan pemantauan kontinu dan visualisasi data secara real-time, sistem ini memungkinkan manajemen peternakan berbasis data, sekaligus membantu dalam pengambilan keputusan cepat sebelum kondisi mencapai tingkat kritis.

3.4 Implementasi Fisik Sistem Kipas Otomatis

Gambar berikut menunjukkan implementasi fisik dari sistem kipas otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler berbasis IoT. Sistem ini digunakan untuk memantau suhu dan kadar gas amonia di dalam kandang ayam.



Gambar 8. Sistem Kipas Otomatis dan Unit Kontrol

Sistem terdiri dari beberapa komponen utama:

- Kipas Exhaust: Digunakan untuk mengeluarkan udara dari dalam kandang ketika suhu atau kadar amonia melebihi batas aman.
- Unit Kontrol (Box Panel): Terdiri dari mikrokontroler (ESP32), modul sensor, dan relay untuk mengendalikan kipas.
- Indikator LED dan Display: LED merah dan hijau digunakan sebagai penanda status sistem (ON/OFF), sedangkan display menunjukkan nilai suhu dan kadar gas secara real-time.

Ketika sensor mendeteksi suhu di atas 29°C atau di atas 20 ppm, akan otomatis mengaktifkan kipas melalui relay. Setelah kondisi kembali normal, mematikan kipas secara otomatis. Implementasi ini menunjukkan bahwa dapat bekerja secara mandiri dan real-time, tanpa intervensi manual. Penggunaan otomatis ini membantu menjaga kondisi lingkungan tetap optimal bagi pertumbuhan ayam.

3.5 Implementasi Sistem dalam Kandang Ayam

Instalasi sistem kipas otomatis berbasis IoT yang telah dipasang di dalam ayam. Terdapat beberapa kipas exhaust berukuran besar yang berfungsi sebagai ventilasi untuk menjaga sirkulasi udara tetap optimal.



Gambar 9. Instalasi Sistem Kipas Otomatis di Kandang Ayam

Unit kontrol yang telah dirakit terpasang di dekat kipas dan terhubung langsung dengan sumber listrik serta sensor suhu dan gas. Sistem bekerja secara otomatis untuk mengaktifkan atau menonaktifkan kipas berdasarkan data sensor yang diterima. Jika terdeteksi suhu dan kadar melebihi ambang batas, akan menyalakan kipas-kipas tersebut secara bersamaan. Implementasi ini membuktikan bahwa dapat bekerja dalam skala besar dan dalam kondisi lingkungan nyata. Penggunaan beberapa kipas secara terintegrasi memberikan efisiensi yang lebih tinggi dalam menjaga kualitas udara.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem peringatan dini berbasis IoT untuk pemantauan suhu dan kadar gas amonia di kandang ayam broiler. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11 dan MICS5524, serta kipas exhaust otomatis sebagai aktuator yang dikendalikan melalui modul relay. Data lingkungan ditampilkan secara real-time melalui antarmuka LCD dan web monitoring, dengan pembaruan setiap 1–3 detik untuk tampilan lokal dan setiap 30 menit untuk tampilan web. Sistem menunjukkan performa yang andal dalam merespons kondisi lingkungan, dengan waktu aktivasi kipas antara 3 hingga 5 detik setelah ambang batas terlampaui. Pengujian selama 24 jam menunjukkan bahwa suhu kandang rata-rata berada pada 30.9°C, kelembaban 90.8%, dan kadar amonia 8.7 ppm, seluruhnya dalam batas toleransi aman untuk ayam broiler. Sistem juga mampu berfungsi secara mandiri meskipun koneksi internet terganggu, berkat proses pengambilan keputusan yang dilakukan secara lokal oleh mikrokontroler. Selain itu, antarmuka sistem yang sederhana dan informatif memungkinkan peternak dengan latar belakang teknis minimal untuk memantau kondisi kandang dengan mudah. Fitur ini meningkatkan keterjangkauan dan potensi adopsi sistem di berbagai skala peternakan, dari kecil hingga menengah. Dengan penggunaan komponen yang relatif terjangkau dan efisiensi energi yang baik, sistem ini juga dinilai ekonomis dan ramah lingkungan. Dengan kemampuan deteksi dan respons otomatis yang akurat, sistem ini memberikan solusi praktis dan efisien bagi peternak dalam menjaga kestabilan lingkungan kandang. Implementasi sistem ini diharapkan dapat mendukung pengembangan peternakan unggas berbasis teknologi presisi yang lebih adaptif, produktif, dan terukur secara digital.

REFERENCES

- [1] Prasetya, E. E., Fadillah, N., & Tharam, M. Y. (2024). Sistem Monitoring dan Smart Farming untuk Peternakan Anak Ayam Berbasis Internet of Things (IoT).
- [2] Agus Junaedi, I. N., Amrita, A. A. N., & Setiawan, I. N. (2022). IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA BERBASIS IOT PADA PLANT FACTORY KEBUN PERCOBAAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS UDAYANA. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(2).
- [3] Guo, Y. (2023). Effects of ammonia exposure on immune response and respiratory health in broiler chickens.
- [4] Dillah, A., Nama, G. F., Budiyo, D., & Muhammad, M. A. (2024). RANCANG BANGUN APLIKASI MONITORING OPERASI P2TL PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG 2 PHASA DI PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PELAYANAN PELANGGAN (UP3) METRO. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3).
- [5] Bilal, M. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontrolling Suhu Dan Kadar Gas Ammonia Pada Kandang Ayam Berbasis Mikrokontroler NodeMCU. In *Jurnal Teknik Elektro* (Vol. 20).
- [6] Prasetya, E. E., Fadillah, N., Satriyo, ;, Rusman, ;, Medi, ;, Tharam, Y., Elektro, J., Pontianak, N., Yani, J. J. A., Laut, B., & Pontianak Telp, K. (2024). ENTRIES (Journal of Electrical Network Systems and Sources) Jurusan Teknik Elektro-Politeknik Negeri Ketapang Sistem Monitoring dan Smart Farming untuk Peternakan Anak Ayam Berbasis Internet of Things (IoT). 3(2), 60–66. <https://doi.org/10.58466/entries>
- [7] Ariefin, R. N. (2023). Sistem Monitoring Kualitas Udara, Suhu dan Kebersihan Kandang Ayam Otomatis Berbasis Internet of Things. 4(2).
- [8] Supriyono, H., Suryawan, F., Azhari, R. M., & Bimantoro, U. (n.d.). Sistem Monitoring Suhu dan Gas Amonia untuk Kandang Ayam Skala Kecil.
- [9] Susatyo, J. D., & Fitrianto, Y. (n.d.). Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Otomatisasi Pemberian Pakan Ayam Berbasis IoT.
- [10] Dalimunthe, R. P., Pranata, A., & Sonata, F. (2022). Implementasi Real Time Clock (RTC) Pada Perangkat Ikan Otomatis Dengan Teknik Counter Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(2).
- [11] Ardabili, M. Y., & Fachrie, M. (2024). Pengembangan Sistem Pemesanan Jasa Fotografi dengan Integrasi Payment Gateway Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(1), 54–64. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i1.1095>
- [12] Wibowo, H., & Suryana, D. (2020). Implementasi ESP32 dalam Sistem Monitoring Berbasis Web Realtime Menggunakan Sensor Gas. *Jurnal Teknologi Dan Riset Komputer*, 8(1), 10–18.



- [13] Rahman, M. M., Islam, M. S., & Ahmed, M. U. (2020). IoT-Based Smart Poultry Farm Monitoring and Controlling System. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8), 481–488. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110860>
- [14] Arifin, B., Kuswanto, K., & Putra, R. H. (2021). Pengaruh Suhu dan Kelembaban terhadap Kadar Amonia pada Kandang Ayam Tertutup. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 23(1), 34–41.
- [15] Barbosa, M., Santos, R., & Oliveira, L. (2024). Effects of Ammonia Exposure on Broiler Welfare and Performance. *Poultry Science Journal*, 103(2), 456–462.
- [16] A. S. R. Siregar, R. R. Restu and R. S. Simanjuntak, "Monitoring Suhu dan Gas Amonia Berbasis IoT Menggunakan ESP32," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 120–126, 2022.
- [17] M. H. Purnomo, S. Susanto and D. Kristiadi, "Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Gas Berbasis IoT pada Kandang Ternak," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 7, no. 1, pp. 56–63, 2021.
- [18] R. H. Nugroho, A. N. Cahya and D. A. Santoso, "Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis Suhu dan Kelembaban pada Kandang Ayam Berbasis IoT," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 2, pp. F127–F132, 2021.