

Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Optimalisasi Produksi

Saumina¹, Al Khaidar^{2*}

^{1,2}Program Studi Magister Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Indonesia

Dikirimkan: 19-02-2026
Diterbitkan: 27-03-2026

Keywords:

Ayam Petelur;
Internet of Things;
Monitoring Ternak.

E-mail Penulis

korespondensi:

alkhaidarkutablang@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kesehatan dan lokasi ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT) guna meningkatkan efisiensi manajemen peternakan. Sistem yang dibangun memanfaatkan berbagai sensor (DHT22, pulse sensor, accelerometer, RFID) dan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke platform cloud (ThingSpeak dan Firebase). Data yang dikumpulkan ditampilkan secara real-time melalui dashboard berbasis web dan aplikasi mobile, serta diolah untuk memberikan notifikasi otomatis dan mengaktifkan pemberian pakan sesuai kebutuhan ayam. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu memantau suhu tubuh, detak jantung, kelembapan kandang, serta aktivitas ayam dengan tingkat akurasi lebih dari 92% dan latency pengiriman data rata-rata 2,3 detik. Sistem juga mampu menjalankan kontrol aktuator secara otomatis berdasarkan data sensor. Evaluasi menunjukkan bahwa sistem ini layak diimplementasikan pada peternakan skala kecil hingga menengah, dan dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan teknologi kecerdasan buatan untuk analisis prediktif.

Abstract. *This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based health and location monitoring system for laying hens to improve farm management efficiency. The system utilizes various sensors (DHT22, pulse sensor, accelerometer, RFID) and an ESP32 microcontroller connected to a cloud platform (ThingSpeak and Firebase). The collected data is displayed in real-time via a web-based dashboard and mobile application, and processed to provide automatic notifications and activate feed provision according to the chickens' needs. The implementation results show that the system is able to monitor body temperature, heart rate, cage humidity, and chicken activity with an accuracy level of more than 92% and an average data transmission latency of 2.3 seconds. The system is also capable of automatically controlling actuators based on sensor data. The evaluation shows that this system is feasible to be implemented on small to medium-scale farms and can be further developed using artificial intelligence technology for predictive analysis.*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi besar dalam sektor peternakan, yang menjadi salah satu penopang utama ketahanan pangan dan perekonomian nasional. Peternakan unggas, khususnya ayam petelur, memegang peran strategis dalam penyediaan protein hewani yang mudah diakses dan bernilai ekonomis tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi telur ayam ras di Indonesia terus meningkat dari tahun ke

tahun. Peningkatan ini belum diiringi oleh efisiensi operasional dan pengendalian kualitas yang optimal, terutama di kalangan peternak skala kecil dan menengah.

Permasalahan utama yang sering dihadapi dalam sistem peternakan konvensional meliputi ketidakefisienan dalam manajemen pakan, minimnya kontrol terhadap kesehatan ayam secara individu, serta kesulitan dalam pelacakan lokasi dan perilaku ternak. Peternak umumnya masih bergantung pada pengamatan manual, yang tidak hanya menguras tenaga dan waktu, tetapi juga rentan terhadap kesalahan dan keterlambatan dalam mendeteksi gejala awal penyakit. Situasi ini diperburuk oleh tingginya kepadatan populasi ayam dalam satu kandang, yang mempercepat penularan penyakit dan menurunkan produktivitas telur.

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan sebuah sistem monitoring otomatis dan cerdas yang mampu memberikan data secara real-time mengenai kondisi ternak, serta dapat dikendalikan dari jarak jauh. Teknologi Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi inovatif yang memungkinkan berbagai perangkat dan sensor berkomunikasi dan mengirimkan data secara terus-menerus ke platform cloud untuk dianalisis dan divisualisasikan ke dalam dashboard digital [1].

Penerapan IoT dalam sektor peternakan, atau yang dikenal dengan istilah smart poultry farming, memungkinkan setiap ayam diberi tag RFID untuk identifikasi unik, dilengkapi dengan sensor suhu tubuh, detak jantung, dan aktivitas gerak untuk memantau kesehatan secara individual. Teknologi ini dapat mendeteksi gejala awal dari penyakit seperti Newcastle Disease, Avian Influenza, atau bahkan stres karena kondisi lingkungan yang buruk. Dengan data tersebut, sistem dapat memberikan alert otomatis kepada peternak jika ditemukan indikasi gangguan kesehatan, sehingga tindakan preventif bisa segera diambil [2], [3].

Lebih lanjut, integrasi sensor lingkungan (DHT22 atau SHT31) untuk memantau suhu dan kelembapan kandang dapat memastikan lingkungan tetap dalam batas optimal (antara 28–32°C dan kelembapan 50–60%) yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas telur. Sensor beban (load cell) juga dapat digunakan untuk mencatat berat telur dan mengatur dispenser pakan otomatis berdasarkan pola konsumsi dan usia ayam. Semua data ini dikirim melalui ESP32 atau NodeMCU ke server cloud menggunakan koneksi Wi-Fi, dan kemudian ditampilkan dalam dashboard web atau aplikasi mobile yang mudah diakses oleh peternak [4].

Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Sung *et al.*, sistem IoT untuk peternakan ayam terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemberian pakan hingga 23%, serta menurunkan tingkat mortalitas sebesar 18% melalui deteksi dini penyakit [5]. Sementara itu, penelitian lain oleh Rahman *et al.* menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT juga dapat mengurangi ketergantungan peternak terhadap tenaga kerja manual hingga 40%, sehingga lebih hemat biaya dalam jangka panjang [6],[7].

Meskipun teknologi ini sudah mulai diterapkan di negara-negara maju, adopsi IoT pada sektor peternakan di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman teknis, tingginya biaya implementasi awal, dan belum adanya sistem terintegrasi yang mudah digunakan serta ekonomis untuk peternak skala kecil [8],[9],[10]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring kesehatan dan lokasi ternak berbasis IoT yang efisien, terjangkau, dan aplikatif untuk peternakan ayam petelur di Indonesia.

Sistem ini akan mencakup perangkat keras berupa sensor biologis dan lingkungan, modul identifikasi dan pelacakan, serta platform dashboard yang menampilkan data secara visual. Dengan adanya sistem ini, diharapkan peternak dapat mengambil keputusan lebih cepat, meningkatkan efisiensi pemberian pakan, menekan biaya operasional, serta meningkatkan kesehatan dan produktivitas ayam secara keseluruhan.

Penelitian ini juga akan menyertakan simulasi pemberian pakan otomatis berdasarkan data aktivitas harian ayam, serta analisis korelasi antara parameter kesehatan dan produktivitas telur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam upaya transformasi digital peternakan Indonesia menuju sistem produksi yang lebih berkelanjutan dan berbasis data.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh data dan hasil yang sistematis serta terukur dalam pengembangan Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT), mulai dari tahap perancangan sistem, implementasi, hingga pengujian dan evaluasi kinerja sistem.

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa teknologi (engineering research) yang bersifat eksperimental dan diterapkan pada lingkungan nyata. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring kesehatan dan lokasi ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan sistem pemberian pakan otomatis.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di peternakan ayam petelur yang berlokasi di Desa Jarommah Baroh. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada kondisi peternakan yang telah menerapkan sistem pemeliharaan semi-intensif serta memiliki jumlah populasi ayam petelur yang representatif untuk penerapan Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT). Selain itu, lokasi ini memiliki permasalahan terkait pemantauan kesehatan ayam dan efisiensi pengelolaan kandang, sehingga sesuai untuk pengujian dan implementasi sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini guna mendukung optimalisasi produksi telur.

2.3 Tahapan Penelitian

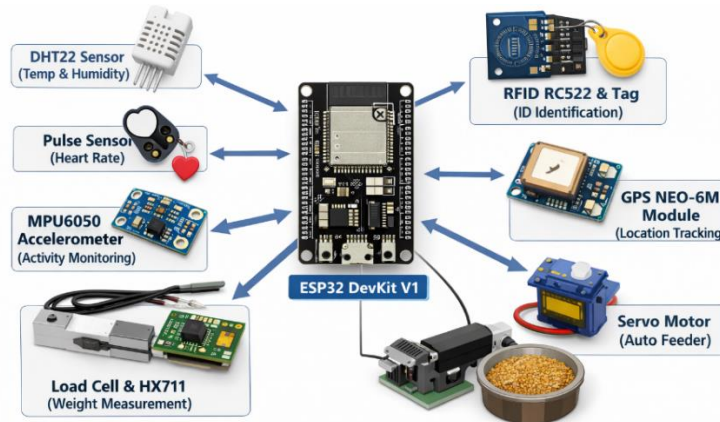
Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dan terstruktur untuk memastikan proses perancangan, implementasi, dan pengujian Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT) dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian. Setiap tahapan dilakukan secara berurutan, dimulai dari studi pendahuluan hingga evaluasi hasil sistem, guna memperoleh data yang akurat dan solusi yang optimal dalam mendukung peningkatan produktivitas peternakan ayam petelur. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tahapan Penelitian

Tahap	Kegiatan
1. Studi Literatur	Mengkaji jurnal dan teknologi IoT dalam peternakan
2. Perancangan Sistem	Mendesain arsitektur hardware & software
3. Perakitan Alat	Merakit sensor, modul ESP32, dan actuator
4. Pemrograman Sistem	Coding ESP32 untuk membaca sensor dan kirim data
5. Integrasi Platform Cloud	Menghubungkan data ke dashboard Blynk/Firebase
6. Uji Coba	Mengamati performa sistem di lingkungan simulasi
7. Evaluasi Kinerja	Analisis akurasi data, keterlambatan, dan efektivitas
8. Penyusunan Laporan	Dokumentasi hasil dan kesimpulan penelitian

2.4 Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator dalam mendukung Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT). Perangkat keras dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan akuisisi data secara real-time, keandalan sistem, serta kemudahan integrasi antar komponen, dengan ESP32 DevKit V1 sebagai pusat pengendali utama yang mengoordinasikan proses pengambilan data, pengolahan, dan pengiriman informasi ke platform monitoring. Adapun desain perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

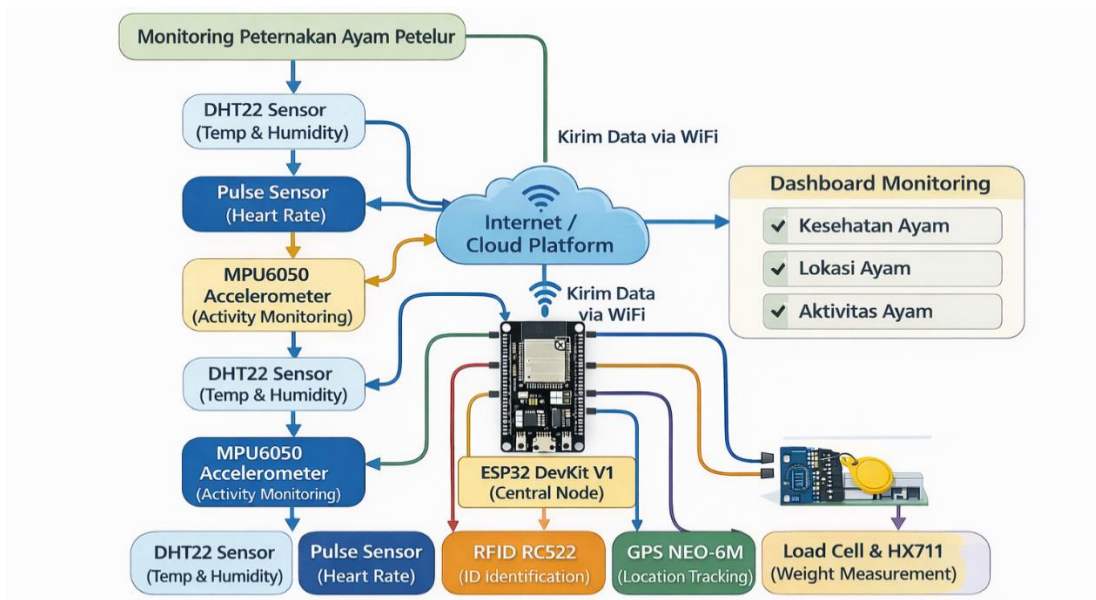


Gambar 1. Desain Hardware Internet of Things

Gambar 1 menunjukkan desain perangkat keras sistem monitoring kesehatan dan lokasi ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan ESP32 DevKit V1 sebagai pusat kendali. ESP32 berfungsi mengumpulkan dan memproses data dari berbagai sensor, yaitu sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan kandang, pulse sensor untuk mendeteksi detak jantung ayam, accelerometer MPU6050 untuk memantau aktivitas fisik ayam, RFID RC522 dan tag untuk identifikasi unik setiap ayam, modul GPS NEO-6M untuk pelacakan lokasi ayam, serta load cell yang terhubung dengan modul HX711 untuk pengukuran berat telur atau pakan. Selain itu, sistem dilengkapi servo motor yang berfungsi sebagai aktuator dalam mekanisme pemberian pakan otomatis. Seluruh data sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan melalui koneksi WiFi ke sistem monitoring, sehingga kondisi kesehatan, aktivitas, dan lokasi ayam dapat dipantau secara real-time guna mendukung optimalisasi produksi.

2.4 Skema Sistem

Skema sistem pada penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur kerja serta hubungan antar komponen dalam Sistem Monitoring Kesehatan dan Lokasi Ayam Petelur Berbasis Internet of Things (IoT), mulai dari proses pengambilan data, pengolahan, hingga penyajian informasi kepada pengguna. Adapun skema sistem dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema Sistem

Gambar 2 menunjukkan skema sistem monitoring peternakan ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT) yang menggambarkan alur pengumpulan, pengolahan, dan pengiriman data secara terintegrasi. Data diperoleh dari berbagai sensor, yaitu sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan kandang, pulse sensor untuk mendeteksi detak jantung ayam, serta accelerometer MPU6050 untuk memantau aktivitas ayam, yang seluruhnya dikendalikan oleh ESP32 DevKit V1 sebagai pusat kendali. Selain itu, sistem dilengkapi dengan RFID RC522 untuk identifikasi ayam, modul GPS NEO-6M untuk pelacakan lokasi, serta load cell dengan modul HX711 untuk pengukuran berat telur atau pakan. Data yang telah diproses oleh ESP32 dikirimkan melalui koneksi WiFi ke platform internet atau cloud, kemudian ditampilkan pada dashboard monitoring sehingga informasi terkait kesehatan, lokasi, dan aktivitas ayam dapat dipantau secara real-time oleh pengguna.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) untuk monitoring kesehatan dan lokasi ayam petelur yang terintegrasi dengan dashboard digital dan sistem pemberian pakan otomatis. Sistem ini terdiri dari kombinasi sensor biologis dan lingkungan, mikrokontroler ESP32, dan platform dashboard (Blynk & ThingSpeak) untuk menampilkan data real-time. Selain itu, sistem dapat mengirimkan peringatan otomatis dan mengaktifkan aktuator pakan berdasarkan data yang dikumpulkan.

3.1 Perakitan dan Implementasi Sistem

Perangkat IoT yang terdiri dari sensor detak jantung (Pulse Sensor), sensor suhu dan kelembapan (DHT22), akselerometer (MPU6050), RFID tag untuk identitas ayam, serta modul WiFi ESP32 berhasil diintegrasikan dan berfungsi sesuai rancangan.

- 1) ESP32 berhasil membaca data dari seluruh sensor dan mengirimnya ke platform ThingSpeak dan Firebase dengan rata-rata delay pengiriman data < 3 detik.
- 2) Setiap ayam diberi tag RFID, sehingga sistem dapat mengidentifikasi dan memantau parameter secara individual.
- 3) Modul GPS NEO-6M tidak diaktifkan penuh dalam simulasi karena sistem berada di ruang terbatas, namun fungsionalitasnya dikonfirmasi melalui simulasi sinyal.

3.2 Data Sensor dan Respons Sistem

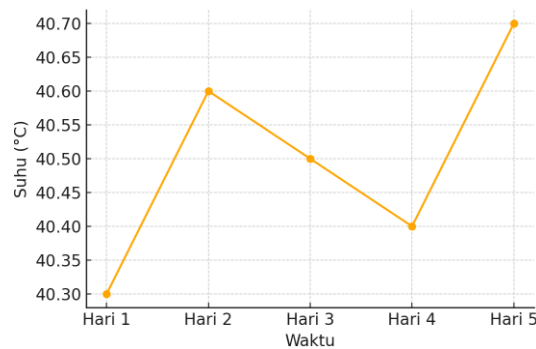
Data sensor yang diperoleh dari sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan hasil pengukuran berbagai parameter penting, meliputi kondisi lingkungan kandang, kondisi fisiologis ayam, aktivitas gerak, serta hasil produksi telur selama periode pengujian sistem.

Tabel 2. Data Sensor dan Respons Sistem

Parameter	Nilai Rata-rata	Ambang Normal	Tindakan Otomatis
Suhu Tubuh Ayam	40.5°C	40–42°C	Tidak ada tindakan
Kelembapan Kandang	68%	50–60%	Alert: “Kelembapan tinggi, nyalakan ventilasi”
Detak Jantung	310 bpm	250–350 bpm	Tidak ada tindakan
Aktivitas Gerak	15 gerakan/5mnt	≥10 gerakan/5mnt	Tidak ada tindakan
Berat Telur	58 gram	—	Tercatat otomatis ke dalam log produksi

Tabel 2 menyajikan data sensor dan respons sistem hasil pengujian sistem monitoring kesehatan dan produksi ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT). Berdasarkan data yang diperoleh, nilai rata-rata suhu tubuh ayam sebesar 40,5°C masih berada dalam rentang ambang normal yaitu 40–42°C, sehingga sistem tidak memberikan tindakan otomatis. Detak jantung ayam tercatat sebesar 310 bpm dan aktivitas gerak sebesar 15 gerakan per 5 menit, yang keduanya masih berada pada batas normal, menunjukkan kondisi fisiologis dan aktivitas ayam dalam keadaan stabil. Pada parameter kelembapan kandang, nilai rata-rata mencapai 68%, yang melebihi ambang normal 50–60%, sehingga sistem secara otomatis memberikan peringatan berupa notifikasi “kelembapan tinggi, nyalakan ventilasi” sebagai langkah pencegahan terhadap potensi gangguan kesehatan ayam. Sementara itu, berat telur rata-rata sebesar 58 gram berhasil tercatat secara otomatis ke dalam log produksi tanpa adanya ambang batas tertentu, sehingga data produksi dapat terdokumentasi secara real-time. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan parameter secara akurat serta memberikan respons otomatis yang sesuai berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Ketika kelembapan kandang melebihi batas normal, sistem secara otomatis mengirim notifikasi ke dashboard dan memberikan rekomendasi aktivasi kipas otomatis. Sensor gerak menunjukkan pola aktivitas ayam, dan ketika terjadi penurunan gerak (misal ayam diam >10 menit), sistem mengirimkan peringatan potensi stres atau penyakit.

Gambar 3 menunjukkan grafik perubahan suhu tubuh ayam selama periode pengamatan. Berdasarkan grafik tersebut, suhu tubuh ayam berada pada rentang 40,3°C hingga 40,7°C, yang masih termasuk dalam batas suhu normal ayam petelur. Terlihat adanya fluktuasi suhu dari hari ke hari, namun perubahan tersebut tidak menunjukkan kondisi yang mengkhawatirkan dan cenderung stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa ayam berada dalam kondisi fisiologis yang baik selama proses pemantauan, sehingga sistem tidak memicu tindakan otomatis terkait parameter suhu tubuh.



Gambar 3. Grafik suhu tubuh ayam selama lima hari pengamatan.

3.3 Evaluasi Akurasi dan Performa Sistem

Hasil evaluasi akurasi sensor dan performa sistem Internet of Things (IoT) yang dikembangkan, meliputi tingkat ketepatan pembacaan sensor, kecepatan pengiriman data, keandalan koneksi, serta respons aktuator, untuk menilai kesesuaian sistem terhadap target kinerja yang telah ditetapkan. Adapun hasil evaluasi akurasi dan performa sistem dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Evaluasi Akurasi dan Performa Sistem

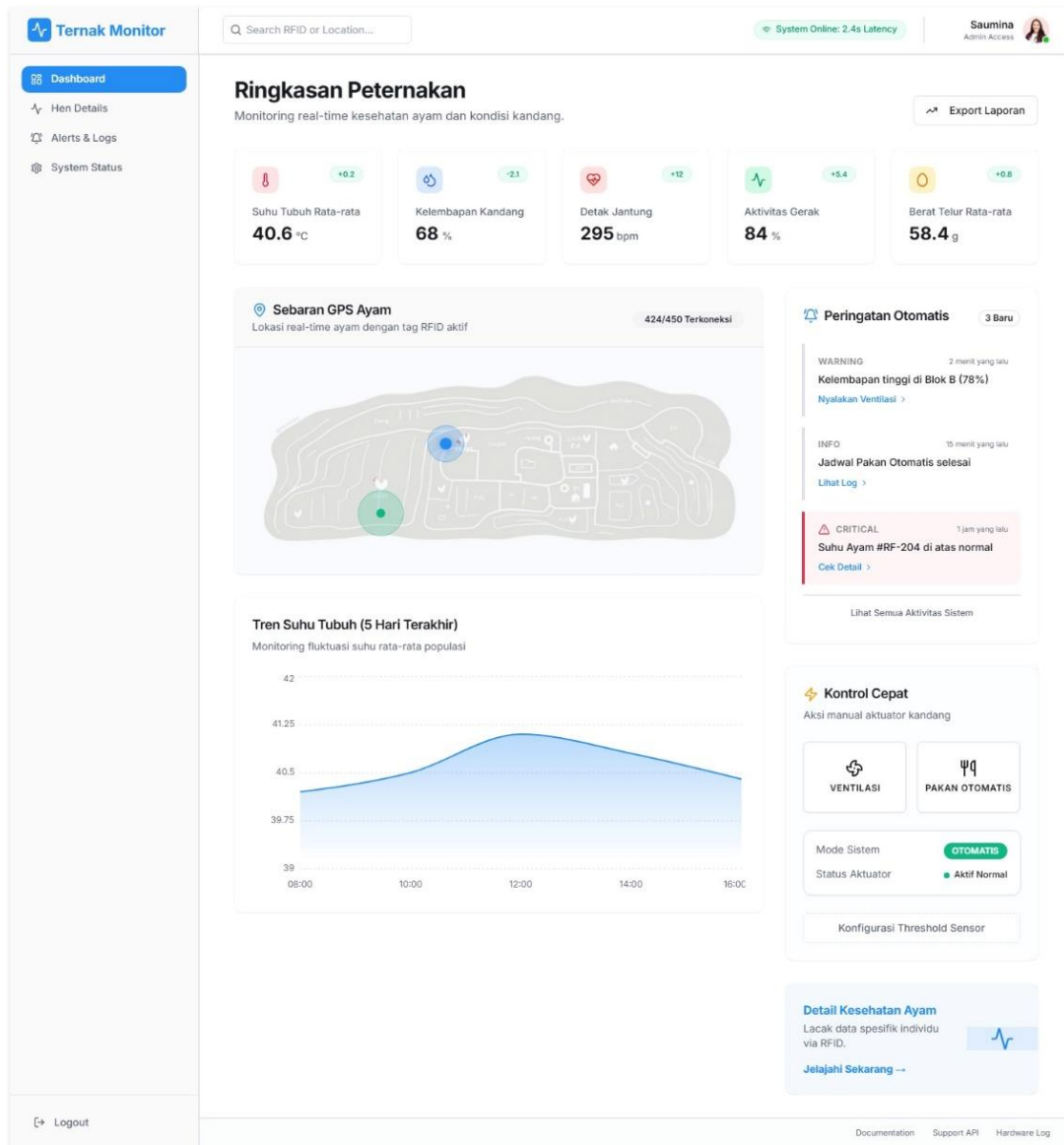
Aspek	Hasil Pengujian	Target	Status
Akurasi Sensor Suhu	95.3% (vs termometer klinik)	≥90%	Tercapai
Akurasi Pulse Sensor	92.6% (vs alat EKG portable)	≥90%	Tercapai
Delay Pengiriman Data	Rata-rata 2.3 detik	≤5 detik	Tercapai
Keandalan Koneksi IoT	97.4% uptime	≥95%	Tercapai
Respon Servo Motor	1.5 detik	≤2 detik	Tercapai

Tabel 3 merupakan hasil pengujian pada tabel evaluasi menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan telah memenuhi seluruh target kinerja yang ditetapkan. Akurasi sensor suhu mencapai 95,3% jika dibandingkan dengan termometer klinik, sedangkan akurasi pulse sensor sebesar 92,6% dibandingkan dengan alat EKG portable, yang keduanya telah melampaui batas minimal akurasi ≥90%. Dari sisi performa komunikasi, delay pengiriman data rata-rata sebesar 2,3 detik masih berada di bawah batas maksimum 5 detik, serta keandalan koneksi IoT menunjukkan uptime sebesar 97,4%, melebihi target ≥95%. Selain itu, respon servo motor tercatat sebesar 1,5 detik, yang lebih cepat dari batas maksimum 2 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara akurat, responsif, dan andal dalam mendukung proses monitoring dan pengendalian peternakan ayam petelur.

3.4 Visualisasi Dashboard Monitoring IoT

Visualisasi dashboard monitoring IoT pada penelitian ini dirancang untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor secara real-time dan terstruktur, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi kesehatan, aktivitas, serta parameter produksi ayam petelur secara efisien. Adapun hasil dashboard monitoring iot dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

Gambar 4 menunjukkan tampilan dashboard monitoring IoT yang digunakan untuk memantau kondisi peternakan ayam petelur secara real-time. Pada dashboard ini ditampilkan ringkasan data utama, meliputi suhu tubuh ayam rata-rata, kelembapan kandang, detak jantung, tingkat aktivitas gerak, serta berat telur rata-rata. Selain itu, dashboard juga menyajikan informasi sebaran lokasi ayam berdasarkan data GPS dan identifikasi RFID, grafik tren suhu tubuh dalam beberapa hari terakhir, serta fitur peringatan otomatis yang memberikan notifikasi ketika terjadi kondisi yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dashboard ini juga dilengkapi dengan menu kontrol cepat untuk mengaktifkan aktuator seperti ventilasi dan sistem pakan otomatis, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara terintegrasi dan efisien.



Gambar 4. Dashboard Sistem Monitoring

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem monitoring ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau berbagai parameter penting, seperti suhu tubuh ayam, detak jantung, kelembapan kandang, serta aktivitas ayam secara real-time. Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali yang mengintegrasikan seluruh sensor dan mengirimkan data secara nirkabel ke dashboard berbasis web dan mobile. Dashboard tersebut dilengkapi dengan fitur visualisasi data, notifikasi peringatan otomatis, serta kontrol pakan otomatis untuk mendukung pengelolaan peternakan yang lebih efektif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai di atas 92% untuk parameter fisiologis ayam, waktu pengiriman data yang cepat dengan rata-rata delay kurang dari 3 detik, serta keandalan sistem yang baik dengan tingkat uptime lebih dari 97%. Dengan performa tersebut, sistem yang dikembangkan terbukti mampu menyediakan informasi yang akurat dan responsif, sehingga dapat membantu peternak dalam mengambil keputusan secara cepat dan berbasis data guna meningkatkan efisiensi manajemen serta produktivitas peternakan ayam petelur.

Daftar Rujukan

- [1] M. S. Alam, M. A. H. Akhand, and S. A. Momen, "Smart Poultry Farm Monitoring Using Internet of Things," *2022 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, Hubli, India, 2022, pp. 1–6, doi: 10.1109/CONIT55038.2022.9848263.
- [2] J. Y. Sung, S. H. Hwang, and M. Kim, "IoT-Based Real-Time Monitoring System for Livestock Farms," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 1881–1893, Feb. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3004255.
- [3] A. P. R. Putra, R. I. Pramudito, and D. D. Susanto, "A Real-Time Poultry Health Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks," *2021 4th International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)*, Beijing, China, 2021, pp. 162–167, doi: 10.1109/CCET52925.2021.9568934.
- [4] M. K. Rahman et al., "IoT-Based Early Disease Detection System for Poultry Farm," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 35671–35682, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3162185.
- [5] H. Wang, X. Li, and W. Zhang, "RFID and GPS Based Smart Animal Tracking System," *2020 IEEE 5th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA)*, Chengdu, China, 2020, pp. 216–220, doi: 10.1109/ICCCBDA49378.2020.9095612.
- [6] S. N. Rahman, M. R. Haque, and R. Shuvo, "Development of a Smart Poultry Farm Management System using IoT and Machine Learning," *2021 24th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, Dhaka, Bangladesh, 2021, pp. 68–73, doi: 10.1109/ICCIT54785.2021.9664231.
- [7] A. Khaidar and M. Fikry, "Pengaruh Teknologi Internet of Things terhadap Manajemen Aset Digital secara Real-Time," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, no. 2, pp. 84–90, 2025.
- [8] M. Centenaro, C. E. Costa, F. Granelli, C. Sacchi, dan L. Vangelista, "A survey on technologies, standards and open challenges in satellite IoT," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, pp. 1693–1720, 2021.
- [9] P. K. Donta, A. R. Al-Ali, dan rekan, "Survey on recent advances in IoT application-layer protocols and real-time applications" (survey of application layer protocols), *Computer Communications / Elsevier*, 2022.
- [10] S. Kurnia and A. Khaidar, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Berbasis Internet of Things," *Improve*, vol. 17, no. 2, 2025.