

SISTEM KONTROL KANDANG AYAM DENGAN AKTUASI KIPAS DAN MIST MAKER SECARA REAL-TIME

¹Laksamana Al zuhruf Fisabilillah 1,²Rachmad Akbar Febriyanto 2,³Septian Dwi Hartanto 3,⁴Nur Alif Mardiyah 4,
⁵La Febry Andira Rose Cynthia 5,

¹) Departement of Engineering, University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

²) Departement of Engineering, University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

³) Departement of Engineering, University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

⁴) Departement of Engineering, University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

⁵) Departement of Engineering, University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

Email : 1, laksamanaalzuhruff@webmail.umm.ac.id 2, rachmadakbar@webmail.umm.ac.id 3, septiandwihartrato@webmail.umm.ac.id 4, nuralif@umm.ac.id 5, lafebryarc@umm.ac.id

Abstract

Perubahan iklim global menyebabkan peningkatan suhu lingkungan yang berdampak pada produktivitas ayam petelur. Suhu dan kelembapan yang berada di luar kondisi optimal dapat memicu stres panas, menurunkan konsumsi pakan, mengurangi produksi telur, serta menurunkan kualitas cangkang telur. Kondisi ini menjadi tantangan bagi peternakan ayam petelur di Indonesia yang memiliki iklim tropis dengan suhu dan kelembapan relatif tinggi. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan kandang yang mampu bekerja secara otomatis dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembapan kandang ayam petelur berbasis Internet of Things (IoT). Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor SHT31 untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time, serta mengendalikan aktuator berupa kipas dan mist maker berdasarkan nilai setpoint yang telah ditentukan. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD dan dapat dimonitor secara berkelanjutan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Pengembangan sistem ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya, seperti akurasi sensor yang belum terkalibrasi, penggunaan satu titik pengukuran, serta metode kendali ON-OFF yang kurang adaptif. Dengan penggunaan sensor yang lebih akurat dan sistem yang lebih stabil, penelitian ini diharapkan mampu menjaga kondisi lingkungan kandang tetap optimal, meningkatkan efisiensi energi, serta mendukung produktivitas dan kenyamanan ayam petelur pada peternakan skala kecil....

Keywords : Internet of Things (IoT), ESP32, SHT31, suhu, kelembapan, ayam petelur, otomatisasi kandang.

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global turut meningkatkan frekuensi terjadinya gelombang panas yang berdampak langsung pada sektor peternakan unggas (Hu et al., 2021). Paparan suhu lingkungan yang melebihi zona nyaman ayam dalam waktu yang lama dapat memicu stres panas kronis (Oluwagbenga & Fraley, 2023), yang ditandai dengan peningkatan frekuensi pernapasan, konsumsi air yang lebih tinggi, serta penurunan efisiensi konversi pakan. Kondisi tersebut menyebabkan energi yang seharusnya digunakan untuk pembentukan telur dialihkan untuk mempertahankan keseimbangan suhu tubuh. Akibatnya, produktivitas ayam petelur menurun dan kualitas telur yang dihasilkan menjadi kurang optimal (Mignon-Grasteau et al., 2014). Oleh karena itu, pemantauan suhu dan kelembapan penyakit serta kematian (David et al., 2015).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penerapan teknologi otomasi mulai dikembangkan dalam sistem pemeliharaan ayam petelur. Beberapa studi menunjukkan bahwa sistem kendali suhu berbasis mikrokontroler mampu menjaga stabilitas produksi telur bahkan dalam kondisi cuaca panas, serta menekan tingkat kematian akibat stres panas (Pratomo et al., 2025). Teknologi ini memungkinkan pengendalian lingkungan secara lebih presisi dibandingkan metode manual yang masih banyak digunakan oleh peternak di Indonesia (Olejnik et al., 2022).

Penggunaan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang semakin relevan, karena memungkinkan pemantauan kondisi kandang secara real-time dan berkelanjutan (Nur Ariefin, 2023a). Sistem ini umumnya memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan, serta aktuator seperti kipas dan mist sprayer yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan nilai setpoint. Selain itu, integrasi dengan platform cloud memungkinkan pemantauan jarak jauh dan penyimpanan data historis untuk analisis performa produksi (Fathur Ramadhan et al., 2025).

Meskipun demikian, penelitian sebelumnya (Nur Ariefin, 2023b) masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti akurasi sensor yang belum terkalibrasi, penggunaan satu titik pengukuran yang tidak merepresentasikan kondisi kandang secara menyeluruh, serta sistem kendali yang masih berbasis logika ON–OFF tanpa algoritma adaptif. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan sensor yang lebih akurat, sistem kalibrasi yang lebih baik, serta rancangan kontrol yang lebih stabil dan efisien. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kestabilan lingkungan kandang, efisiensi energi, serta kenyamanan ayam petelur dalam skala peternakan Kecil.

II. METODE PENELITIAN

A. Research Procedure

Metode ini disusun sebagai pedoman agar proses perancangan dan pembuatan alat dapat berjalan secara terstruktur, terukur, serta hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

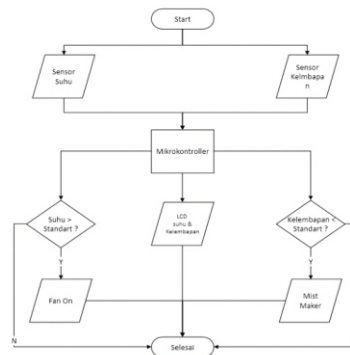
Desain sistem pada penelitian Sistem Kontrol Kandang Ayam dengan Aktuasi Kipas dan Mist Maker Secara Real-Time dirancang untuk menjaga kondisi lingkungan kandang tetap optimal secara otomatis. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu dan kelembaban sebagai input utama, yang secara kontinu menjadi aspek penting dalam manajemen kandang modern untuk menjaga performa produksi tetap stabil (Handojo et al., 2025).

Selain berperan dalam pengendalian lingkungan kandang, penerapan sistem monitoring berbasis IoT juga mendukung konsep peternakan presisi (precision livestock farming) (Terence et al., 2024). Konsep ini memanfaatkan data yang diperoleh secara real-time untuk membantu peternak mengambil keputusan secara cepat dan akurat berdasarkan kondisi aktual di lapangan (Berckmans, 2017). Data historis yang tersimpan dapat digunakan untuk menganalisis pola perubahan suhu dan kelembaban, mengevaluasi efektivitas sistem ventilasi (Rawdhan et al., 2026), serta mengidentifikasi potensi gangguan lingkungan sebelum berdampak pada produktivitas ayam. Dengan demikian, penerapan teknologi IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional peternakan, tetapi juga mendukung keberlanjutan produksi telur melalui pengelolaan kandang yang lebih berbasis data (Hidayati Soesanto et al., 2025).

Produktivitas ayam petelur sangat dipengaruhi oleh kestabilan lingkungan kandang dalam jangka panjang, karena ayam petelur membutuhkan kondisi fisiologis yang optimal agar mampu menghasilkan telur secara konsisten dengan kualitas cangkang yang baik (Setiawati et al., 2016). Suhu ideal kandang berkisar antara 18–28°C (Lumenta et al., n.d.). Sehingga penyimpangan dari rentang tersebut dapat menyebabkan gangguan metabolisme, penurunan produksi telur harian (Hen Day Production) (Tesakul et al., 2025), serta kualitas telur yang buruk seperti cangkang tipis atau retak. Kondisi ini menjadi tantangan serius di Indonesia yang memiliki iklim tropis dengan suhu tinggi dan fluktuasi cuaca ekstrem.

Selain suhu, kelembapan udara juga menjadi faktor penting yang memengaruhi performa ayam petelur (26-30, n.d.). Kelembapan tinggi memperparah stres panas karena ayam kesulitan melepaskan panas tubuh melalui penguapan, mengingat ayam tidak memiliki kelenjar keringat (Idowu et al., 2026). Dampaknya meliputi penurunan konsumsi pakan, penurunan produksi dan kualitas telur (Azhar et al., 2025), serta gangguan kesehatan. Lingkungan yang panas dan lembap juga meningkatkan konsentrasi gas amonia di kandang, yang dapat mengganggu sistem pernapasan ayam dan meningkatkan risiko datanya dibaca oleh mikrokontroler secara terus-menerus (real-time).

Dengan desain ini, sistem mampu menjaga kenyamanan ayam, meningkatkan produktivitas, serta mengurangi ketergantungan pada pengontrolan manual. Berikut Ini Alur dari Metode Tersebut



Gambar 2. *Flowchart Logika Rangkaian*

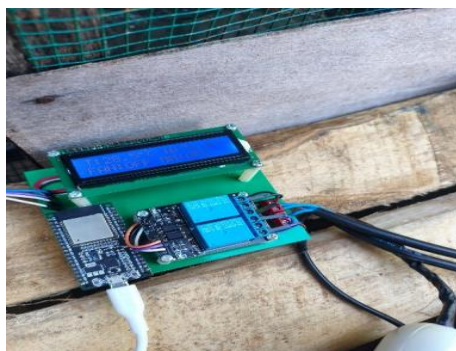
Pada Gambar sistem IoT ini berfungsi sebagai pengendali iklim mikro otomatis melalui beberapa tahapan logis yang berulang (L. Proses diawali dari tahap Start, di mana sistem secara paralel membaca data kondisi lingkungan nyata menggunakan dua sensor input, yaitu Sensor Suhu dan Sensor Kelembapan. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan ke Mikrokontroler sebagai pusat pemrosesan untuk dianalisis dan sekaligus diteruskan ke output visual berupa LCD agar nilai suhu serta kelembapan aktual dapat dipantau langsung. Selain menampilkan data, mikrokontroler secara otomatis melakukan evaluasi kondisi lingkungan menggunakan dua logika percabangan secara bersamaan. Pada logika suhu, jika suhu ruangan terdeteksi melebihi ambang batas standar ($Suhu > Standart?$), maka sistem akan merespons dengan menyalakan kipas pendingin (Fan On); jika tidak, kipas akan tetap mati. Sementara pada logika kelembapan, jika kadar air di udara dinilai kurang dari batas ideal ($Kelembapan < Standart?$), mikrokontroler akan segera mengaktifkan alat pembuat kabut (Mist Maker) untuk melembapkan ruangan, dan jika kelembapan sudah normal maka alat tidak akan menyala. Setelah seluruh instruksi pengaturan beban dan penampilan informasi selesai dieksekusi, alur sistem akan bermuara pada tahap Selesai sebelum akhirnya berputar kembali untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rangkaian Alat

Pada bagian ini dipaparkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Prototipe alat yang dikembangkan telah sesuai dengan perancangan awal yang telah direncanakan. Selain itu, bagian ini juga menguraikan hasil pengujian sistem beserta analisis terhadap kinerja alat setelah direalisasikan. Analisis tersebut mencakup evaluasi terhadap data input maupun output yang dihasilkan selama proses pengujian.

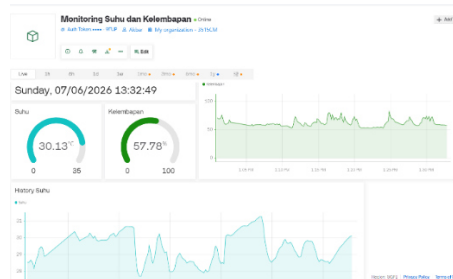
Untuk mendapatkan output dari sistem monitoring suhu dan kelembapan pada kandang ayam otomatis berbasis Internet Of Think (IoT) yang menggunakan rangkaian alat yang terdiri dari SHT 31, Mist Maker, Relay 2 channel, LCD I2C. Hal ini dapat diketahui dari hasil yang telah diperoleh dari pengujian sistem serta juga dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan sistem yang telah dibuat. Hasil rangkaian dapat dilihat pada halaman berikutnya



Gambar 3. *Rangkaian PCB, Mikrokontroler, LCD, dan Relay*

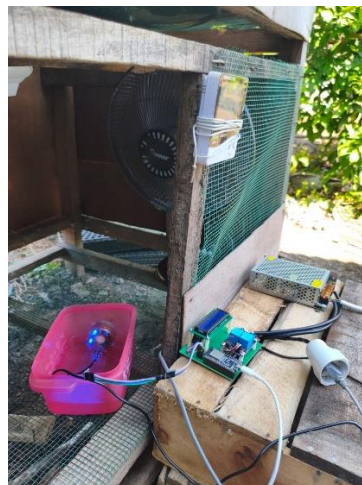
Rangkaian mikrokontroler diatas ini berfungsi sebagai pengontrol otomatis untuk menjaga kondisi optimal di dalam kandang Ayam. Alat ini bekerja dengan cara membaca suhu dan kelembapan udara di dalam kandang secara

terus-menerus melalui sensor Sht31. Jika suhu kandang menjadi terlalu panas, mikrokontroler akan otomatis menyalakan kipas untuk mendinginkan ruangan. Sementara itu, jika udara kandang dideteksi terlalu kering, sistem akan menyalakan *mist maker* untuk menyemprotkan uap air halus agar kelembapan udara naik kembali. Dengan adanya perpaduan kipas dan *mist maker* yang bekerja otomatis ini, kesehatan hewan di dalam kandang dapat tetap terjaga dengan baik tanpa perlu dipantau secara manual sepanjang waktu.



Gambar 4. Pengontrolan Suhu dan Kelembapan

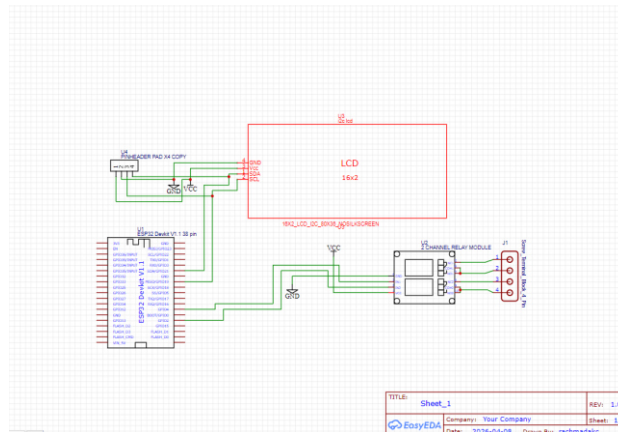
Tampilan *dashboard* berbasis Internet of Things (IoT) pada platform Blynk yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh dan *real-time*. Pada bagian atas, proyek berjudul "Monitoring Suhu dan Kelembapan" ini tercatat dan berstatus *Online*, yang berarti alat mikrokontroler di lokasi kandang sedang aktif mengirimkan data ke peladen (*server*). Berdasarkan data aktual yang diambil pada hari Minggu, 7 Juni 2026 pukul 13:32:49, *dashboard* menunjukkan nilai suhu ruangan berada di angka 30,13°C dan tingkat kelembapan udara sebesar 57,78% melalui dua indikator lingkaran (*gauge*) di sisi kiri. Selain menampilkan data terkini, halaman ini juga menyediakan dua grafik garis (*chart*) yang merekam riwayat fluktuasi data dari waktu ke waktu; grafik hijau di kanan atas mendokumentasikan tren perubahan kelembapan, sementara grafik biru muda di bagian bawah mencatat naikturunnya riwayat suhu (*History Suhu*) secara dinamis antara 28°C hingga 31°C.



Gambar 5. Rangkaian Mist Maker dan Power Supply

Pada Gambar 5 menunjukkan implementasi dan pemasangan utuh dari seluruh sistem kontrol suhu dan kelembapan otomatis pada sebuah kandang hewan bermaterial kayu. Di bagian luar kandang, tepatnya di atas permukaan kayu, terlihat papan sirkuit mikrokontroler beserta layar LCD dan modul *relay* dua *channel* yang terhubung ke catu daya (*power supply* jaring logam) untuk menyuplai arus listrik ke seluruh perangkat. Sistem ini mengendalikan dua aktuator utama yang dipasang di area kandang, yaitu sebuah kipas angin dinding bermerek Cosmos di bagian dalam atas untuk menurunkan suhu panas, serta sebuah alat *mist maker* berlampu biru di dalam wadah plastik merah muda berisi air di bagian bawah yang berfungsi menyemprotkan uap untuk meningkatkan kelembapan udara. Komponen sensor juga tampak terpasang di tiang kayu kandang untuk mendeteksi kondisi iklim mikro secara aktual, sehingga mikrokontroler dapat langsung memutuskan kapan harus mengaktifkan kipas atau pembuat kabut tersebut demi menjaga kenyamanan lingkungan di dalam kandang.

4.2 Pengujian dan Analisa Rangkaian



Gambar 6. Skematik Rangkaian

Rangkaian sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 Wroom V1 (38 pin) sebagai pusat kendali yang mengatur seluruh proses input dan output. ESP32 terhubung dengan dua modul relay 5V (U2 dan U3) yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan beban eksternal seperti kipas dan mist maker. Sinyal kendali relay diambil dari pin GPIO ESP32, sementara suplai tegangan menggunakan VCC dan GND yang terdistribusi ke seluruh komponen.

Setiap modul relay memiliki tiga terminal utama (NO, NC, dan COM) yang digunakan untuk menghubungkan dan memutus arus ke perangkat beban. Koneksi antara relay dan beban dikeluarkan melalui pin header (PIN_RX_TX) untuk memudahkan integrasi dan penggantian perangkat. Sistem ini menggunakan prinsip kontrol digital, di mana ESP32 memberikan logika HIGH atau LOW untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay.

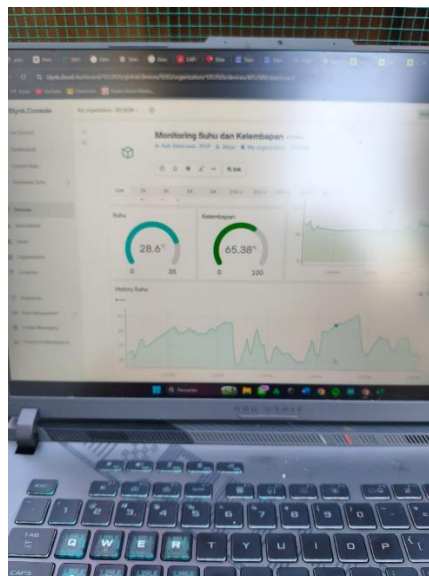
Selain itu, jalur catu daya dirancang terpisah antara sistem logika (ESP32) dan aktuator (relay dan beban) guna menjaga kestabilan sistem dan menghindari gangguan tegangan. Dengan konfigurasi ini, rangkaian mampu mengontrol perangkat secara otomatis berdasarkan program yang ditanamkan pada ESP32, sehingga mendukung sistem otomasi kandang secara efisien dan andal.

A Sensor Suhu SHT31

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembapan pada kandang ayam menggunakan sensor SHT31. Selain itu, pengujian bertujuan untuk mengevaluasi akurasi data yang dihasilkan sensor melalui komunikasi digital I2C, sehingga nilai suhu dan kelembapan dapat dibaca secara langsung tanpa memerlukan konversi tegangan seperti pada sensor analog. Melalui pengujian ini, dapat diketahui kesesuaian antara nilai suhu dan kelembapan yang terukur oleh sensor dengan kondisi aktual di dalam kandang. Hasil pembacaan sensor kemudian ditampilkan dan direkam secara real-time melalui platform Blynk untuk memudahkan proses pemantauan dan analisis data lingkungan kandang.



Gambar 7. Rangkaian Sht31

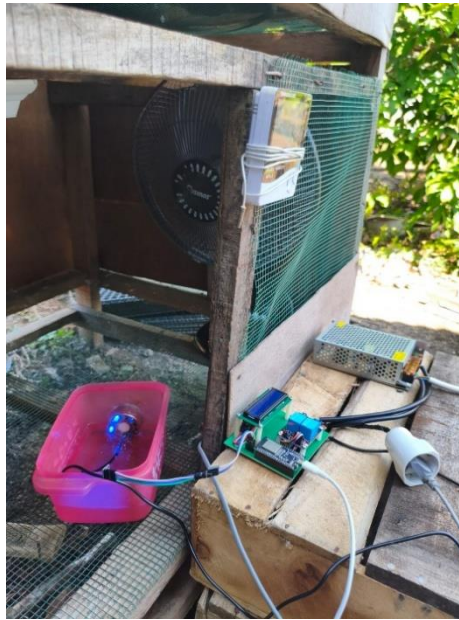


Gambar 8. Tampilan Dashboard Monitoring Suhu dan Kelembapan pada Platform Blynk

Berdasarkan Gambar 8, hasil pengukuran sensor SHT31 berhasil ditampilkan pada dashboard Blynk dalam bentuk nilai suhu, kelembapan, serta grafik riwayat pengukuran secara real-time. Pada saat pengujian, sensor menunjukkan suhu sebesar **28,6°C** dan kelembapan sebesar **65,38%**. Data yang diperoleh dari sensor dikirim oleh mikrokontroler ke platform Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan kandang secara jarak jauh. Selain menampilkan nilai aktual, dashboard juga menyediakan grafik historis yang menunjukkan perubahan suhu dan kelembapan selama periode pengamatan, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan evaluasi dan pengambilan keputusan terkait pengendalian kondisi kandang ayam.

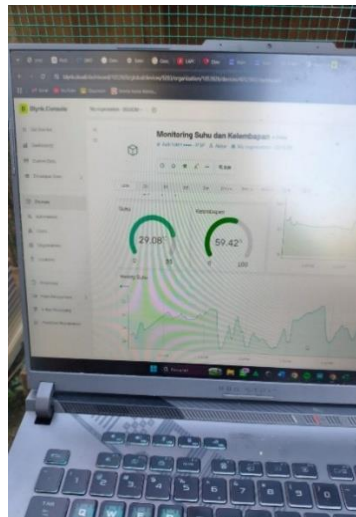
B Sensor Suhu Mist Maker

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan mist maker dan kipas terhadap suhu serta kelembapan pada kandang ayam. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kedua aktuator dalam menjaga kondisi lingkungan kandang agar tetap berada pada rentang yang sesuai untuk ayam petelur. Mist maker digunakan untuk meningkatkan kelembapan ketika udara di dalam kandang terlalu kering, sedangkan kipas berfungsi menurunkan suhu ketika kondisi kandang terlalu panas. Melalui pengujian ini dapat diketahui efektivitas sistem kontrol otomatis yang dirancang dalam mempertahankan kestabilan suhu dan kelembapan kandang.



Gambar 9. Rangkaian sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembapan kandang ayam yang terdiri dari sensor SHT31, ESP32, LCD, mist maker, kipas

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 10, sistem yang dirancang dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Hasil monitoring pada dashboard Blynk menunjukkan suhu kandang sebesar 29,08°C dan kelembapan 59,42% RH. Karena suhu melebihi batas yang ditentukan yaitu 29°C, maka kipas aktif secara otomatis untuk membantu menurunkan suhu lingkungan kandang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar `11. Selain itu, karena nilai kelembapan berada di bawah ambang batas 60% RH, mist maker juga aktif secara otomatis untuk meningkatkan kelembapan udara di dalam kandang. Aktivasi kedua aktuator tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengendalian suhu dan kelembapan secara otomatis berdasarkan data yang dibaca oleh sensor SHT31. Dengan demikian, kondisi lingkungan kandang dapat dijaga agar tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan ayam petelur.



Gambar 10. Tampilan dashboard Blynk yang menunjukkan hasil monitoring suhu sebesar 29,08°C dan kelembapan 59,42% RH secara real-time



Gambar 11. Kondisi kipas yang aktif secara otomatis ketika suhu kandang melebihi 29°C untuk membantu menurunkan suhu lingkungan kandang

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kontrol kandang ayam dengan aktuasi kipas dan mist maker secara real-time berbasis Internet of Things (IoT), dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor SHT31 mampu membaca nilai suhu dan kelembapan kandang secara akurat melalui komunikasi digital I2C, kemudian data tersebut berhasil ditampilkan dan direkam secara real-time pada platform Blynk sehingga memudahkan proses pemantauan jarak jauh.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengendalian lingkungan kandang secara otomatis berdasarkan nilai setpoint yang telah ditentukan. Kipas akan aktif ketika suhu kandang melebihi 29°C untuk membantu menurunkan suhu lingkungan, sedangkan mist maker akan aktif ketika kelembapan berada di bawah 60% RH untuk meningkatkan kelembapan udara di dalam kandang. Pada saat pengujian diperoleh suhu sebesar 29,08°C dan kelembapan 59,42% RH, sehingga kedua aktuator bekerja sesuai logika kontrol yang telah dirancang.

Dengan adanya integrasi sensor SHT31, mikrokontroler ESP32, aktuator kipas dan mist maker, serta platform Blynk, sistem mampu menjaga kondisi suhu dan kelembapan kandang tetap stabil secara otomatis. Sistem ini berpotensi membantu peternak dalam meningkatkan kenyamanan lingkungan kandang, mengurangi pengawasan manual, serta mendukung produktivitas ayam petelur melalui penerapan teknologi IoT.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azhar, M., Rasuli, N., Yunus, M., Fastawa, R., & Sara, U. (2025). The Impact of Environmental Temperature-Humidity Index on Ammonia Concentration (NH₃) in Laying Hen Farms. *Jurnal Peternakan*, 22(2), 132–139. <https://doi.org/10.24014/jupet.v22i2.30768>
- [2] Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7(1), 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0102>
- [3] David, B., Mejdell, C., Michel, V., Lund, V., & Moe, R. O. (2015). Air quality in alternative housing systems may have an impact on laying hen welfare. Part II-ammonia. In *Animals* (Vol. 5, Number 3, pp. 886–896). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani5030389>
- [4] Fathur Ramadhan, A. M., Zulhajji, Z., & Haripuddin, H. (2025). Monitoring System for Temperature, Humidity, and Ammonia Gas in Laying Hens Cages Based on Internet of Things. *Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 3(1), 12–17. <https://doi.org/10.59562/jeeni.v3i1.8060>
- [5] Handojo, A., Setijarso, E., Halim, S., & Octavia, T. (2025). Integrating Real-Time IoT Based Monitoring and Dashboard Design for Closed-House Hen Farming. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Industri*, 27(2), 237–248. <https://doi.org/10.9744/jti.27.2.237-248>
- [6] Hidayati Soesanto, I. R., Wahjuni, S., & Tanti, A. (2025). Artikel Review: Implementasi Sistem Internet of Things (IoT) Pada Industri Perunggasan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Terpadu*, 4(2), 253–263. <https://doi.org/10.56326/jitpu.v4i2.5039>
- [7] Hu, J., Xiong, Y., Gates, R. S., & Cheng, H. W. (2021). Perches as cooling devices for reducing heat stress in caged laying hens: A review. In *Animals* (Vol. 11, Number 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani11113026>
- [8] Idowu, P. A., Chauke, C., & Mpofu, T. J. (2026). Integrated Stress Physiology and Mitigation Strategies for Heat Stress in Layer Chickens—Review. In *Animals* (Vol. 16, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ani16071001>

-
- [9] Łukaszewicz, T., & Kania, D. (2026). *Automatic Musical Key Detection Using the CQT-Based Triple Composite Signature of Fifths*. <https://doi.org/10.3390/app16126240>
- [10] Lumenta, I. D. R., Osak, R. E. M. F., Rambulangi, V., & Pangemanan, S. P. (n.d.). *Analysis of Livestock Business Income Laying Chicken "Golden Paniki Ps."* Retrieved <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjas/issue/archive>
- [11] Mignon-Grasteau, S., Moreri, U., Narcy, A., Rousseau, X., Rodenburg, T. B., Tixier-Boichard, M., & Zerjal, T. (2014). Robustness to chronic heat stress in laying hens: A meta-analysis. *Poultry Science*, 94(4), 586–600. <https://doi.org/10.3382/ps/pev028>
- [12] Nur Ariefin, R. (2023a). Sistem Monitoring Kualitas Udara, Suhu dan Kebersihan Kandang Ayam Otomatis Berbasis Internet of Things. In *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology* (Vol. 4, Number 2). <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/imtechno>
- [13] Nur Ariefin, R. (2023b). Sistem Monitoring Kualitas Udara, Suhu dan Kebersihan Kandang Ayam Otomatis Berbasis Internet of Things. In *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology* (Vol. 4, Number 2). <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/imtechno>
- [14] Olejnik, K., Popiela, E., & Opaliński, S. (2022). Emerging Precision Management Methods in Poultry Sector. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 12, Number 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050718>
- [15] Oluwagbenga, E. M., & Fraley, G. S. (2023). Heat stress and poultry production: a comprehensive review. In *Poultry Science* (Vol. 102, Number 12). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103141>
- [16] Pratomo, P., Saputra, K., Novita Sari, D., Rahsel, Y., Herdiyan Saputra, R., Suprpto, B., & Simanjuntak, H. (2025). Smart Farming: Optimalisasi Produksi Telur Ayam Petelur menggunakan Sistem Cerdas Monitoring Suhu dan Kelembaban Kandang Berbasis IoT. *Riau Jurnal Teknik Informatika*, 4(1). <https://doi.org/10.30606/rjti.v4i1.3264>
- [17] Rawdhan, S. A., Abdelhamid, M. A., Fulaieh, M. S., Abdullatif, Z. A., Elhelew, W. K., & Shaaban, F. M. (2026). Monitoring Environmental Parameters in Poultry Houses Using IoT. *Agricultural Engineering*, 30(1), 79–90. <https://doi.org/10.2478/agriceng-2026-0005>
- [18] Setiawati, T., Afnan, R., & Ulupi, N. (2016). Performa Produksi dan Kualitas Telur Ayam Petelur pada Sistem Litter dan Cage dengan Suhu Kandang Berbeda Productive Performance and Egg Quality of Layer in Litter and Cage System with Different Temperatures. In *Januari* (Vol. 04, Number 1).
- [19] Terence, S., Immaculate, J., Raj, A., & Nadarajan, J. (2024). Systematic Review on Internet of Things in Smart Livestock Management Systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 16, Number 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su16104073>