JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI DAN REKAYASA
Vol. 30, No. 02, August 2025, 156 – 167
p-ISSN: 1410-9093, e-ISSN: 2089-8088
https://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/tekno | tekrek@gunadarma.ac.id

Optimalisasi Kontrol Lingkungan Kandang Ayam Tertutup Menggunakan Sensor DHT22 dan MQ135 dengan Analisis Ambang Batas Adaptif

[1*]Galih Setyawan, [2]Muhammad Ilham Attaqi

[1,2]Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
[1,2]Jl. Yacaranda, Sekip Unit III, Yogyakarta, 55281, Indonesia
[1]galih.setyawan@ugm.ac.id, [2]ilhamatq@gmail.com

Abstract

This study develops an automatic system to manage the closed poultry house environment, focusing on temperature control and ammonia mitigation, for improved animal health and productivity. Conventional static threshold-based systems often lack efficiency and are prone to excessive actuator activations. The proposed innovation utilizes a DHT22 temperature sensor and an MQ135 gas sensor, selected for their accuracy and responsiveness in monitoring critical parameters. The system integrates with an Arduino Uno, an AC Dimmer module for fan speed control, and a water spraying pump. Fan speed regulation is adjusted based on temperature using a three-level logic: slow mode (<25°C), medium (26–29°C), and fast (>30°C). Meanwhile, the activation of the water spraying pump for ammonia mitigation is controlled by a static threshold of ≥550 ppm. In-depth analysis of MQ135 sensor data from three ammonia testing experiments reveals significant potential for implementing more adaptive pump activation thresholds, specifically using the moving average method. Comparison between the existing static threshold-based control system and this adaptive scenario consistently demonstrates that applying an adaptive threshold can significantly reduce pump activation frequency, by an average of 50% to 60% (from 6-7 activations to 3 activations per experiment). This reduction indicates great potential for mitigating pump *chattering*, optimizing energy consumption, and extending the operational lifespan of actuators. These results confirm that the developed system effectively operates in maintaining poultry house environmental conditions, while also paving the way for smarter and more adaptive control in the future that can enhance farm operational efficiency.

Keywords: adaptive control, closed poultry housing, DHT22, MQ135, smart farming

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem otomatis untuk mengelola lingkungan kandang ayam tertutup, berfokus pada kontrol suhu dan mitigasi amonia. Sistem konvensional berbasis ambang batas statis seringkali kurang efisien dan rentan terhadap aktivasi aktuator yang berlebihan. Inovasi yang diusulkan memanfaatkan sensor suhu DHT22 dan sensor gas MQ135, yang dipilih karena akurasi dan responsivitasnya dalam memantau parameter kritis. Sistem ini terintegrasi dengan Arduino Uno, modul AC dimmer untuk kontrol kecepatan kipas, serta pompa penyemprot air. Pengaturan kecepatan kipas disesuaikan berdasarkan suhu dengan logika tiga level: mode pelan (<25°C), sedang (26–29°C), dan cepat (>30°C). Sementara itu, aktivasi pompa penyemprot air untuk mitigasi amonia diatur berdasarkan ambang batas statis ≥550 ppm. Analisis mendalam terhadap data sensor MQ135 dari tiga percobaan pengujian amonia menunjukkan potensi signifikan untuk implementasi ambang batas aktivasi pompa yang lebih adaptif, yaitu dengan metode rata-rata bergerak (*moving average*). Perbandingan antara sistem kontrol berbasis ambang statis dan adaptif secara konsisten menunjukkan bahwa penerapan ambang batas adaptif mampu mengurangi frekuensi aktivasi pompa secara signifikan, rata-rata sebesar 50% hingga 60% (dari 6-7 aktivasi menjadi 3 aktivasi per percobaan). Pengurangan ini mengindikasikan potensi besar untuk mengurangi fenomena *chattering* pompa, mengoptimalkan penggunaan energi, dan memperpanjang

Article Info: Received February 06, 2025; Accepted July 18, 2025; Published August 23, 2025
* Corresponding Author

umur operasional aktuator. Hasil ini menegaskan bahwa sistem yang dikembangkan beroperasi secara efektif dalam menjaga kondisi lingkungan kandang, sekaligus membuka jalan bagi kontrol yang lebih cerdas dan adaptif di masa depan yang dapat meningkatkan efisiensi operasional peternakan.

Kata Kunci: kontrol adaptif, kandang ayam tertutup, DHT22, MQ135, *smart farming*

1. Pendahuluan

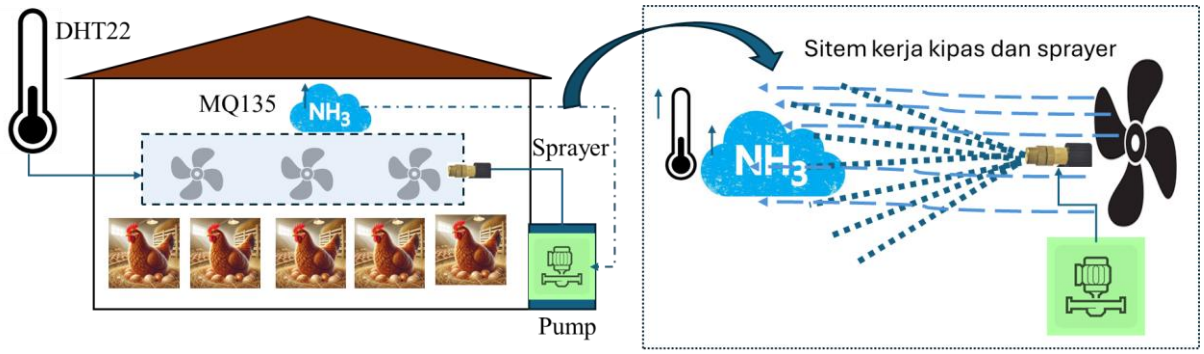
Permintaan pasar yang tinggi dan siklus produksi yang cepat menjadikan sektor peternakan ayam pedaging sebagai pemain kunci dalam pemenuhan protein hewani di berbagai negara, termasuk Indonesia [1, 2]. Manajemen lingkungan yang optimal menjadi faktor krusial untuk meningkatkan efisiensi dan produktifitas dalam usaha peternakan ayam pedaging [3]. Suhu, kelembaban, kualitas udara, dan konsentrasi gas berbahaya sangat esensial karena secara langsung mempengaruhi kesehatan, pertumbuhan, dan mortalitas ayam [4].

Secara umum pengelolaan kandang ayam modern terbagi menjadi sistem terbuka dan tertutup. Meskipun kandang terbuka menyediakan sirkulasi udara alami, adopsi kandang tertutup semakin meningkat berkat kemampuannya dalam mengendalikan lingkungan secara lebih presisi, sekaligus meminimalkan dampak polusi udara [5, 6]. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan kandang tertutup adalah memerlukan ketelitian tinggi, khususnya dalam menjaga stabilitas suhu dan kualitas udara. Kemampuan kontrol lingkungan yang lebih presisi pada kandang tertutup ini berkontribusi langsung pada peningkatan produktivitas ternak, seperti optimalisasi laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup ayam [7]. Salah satu tantangan signifikan adalah akumulasi gas amonia (NH_3) yang berasal dari feses ayam. Konsentrasi amonia yang tinggi, bahkan pada level di atas 25 ppm, dapat menyebabkan masalah pernapasan, stres, penurunan nafsu makan, hingga peningkatan kerentanan terhadap penyakit dan mortalitas pada ayam [8, 9] . Oleh karena itu, sistem ventilasi dan mitigasi amonia yang efektif sangat esensial untuk menjaga lingkungan kandang tetap optimal.

Berbagai penelitian telah mengkaji otomatisasi lingkungan kandang ayam. Prihandanu et al. [10], mengembangkan sistem *closed house* otomatis mengandalkan PLC untuk kontrol kipas. Penelitian lain fokus pada pemantauan gas berbahaya menggunakan *platform* berbasis *Internet of Things* (IoT) [11, 12]. Studi oleh Pendriadi et al. [13] menyoroti pengukuran amonia menggunakan sensor MQ135 dan integrasinya dengan IoT. Selain itu, beberapa riset telah mengeksplorasi penggunaan sensor dan aktuator untuk mengontrol lingkungan kandang seperti suhu dan kelembaban [14, 15], serta ventilasi [16]. Penelitian lebih lanjut juga telah membahas penggunaan kontrol cerdas seperti logika fuzzy untuk manajemen lingkungan yang lebih baik [17].

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah memberikan dasar yang kuat untuk otomatisasi kandang, ternyata masih terdapat celah penelitian (*research gap*) berupa belum adanya solusi terintegrasi yang mampu melakukan kontrol adaptif secara presisi dan efisien terhadap suhu dan amonia secara bersamaan. Sistem yang ada saat ini masih memiliki beberapa kelemahan, seperti: (1) kontrol kipas yang bersifat diskrit (hanya *on/off*), berisiko menyebabkan *overshoot* atau *undershoot* suhu serta kurang tanggap terhadap fluktuasi kecil; (2) penanganan amonia yang seringkali terbatas pada pemantauan pasif tanpa tindakan mitigasi adaptif atau menggunakan ambang batas statis, sehingga berpotensi menyebabkan *chattering* aktuator. Selain itu, sistem konvensional umumnya tidak mampu merespons dinamika lingkungan yang kompleks atau perubahan mendadak secara cerdas, mengakibatkan ketidakefisienan energi dan ketergantungan pada intervensi manual [18, 19].

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi celah tersebut dengan mengembangkan sistem kontrol lingkungan kandang ayam tertutup yang lebih cerdas dan adaptif. Pada penelitian ini digunakan sensor suhu DHT22 dan sensor gas MQ135 karena beberapa pertimbangan teknis. DHT22 menawarkan kombinasi akurasi yang memadai (±0.5°C), respons waktu yang cepat, dan biaya yang terjangkau, menjadikannya pilihan ideal untuk pemantauan suhu *real-time* di lingkungan peternakan. Dibandingkan dengan termistor NTC atau sensor suhu yang lebih mahal seperti PT100, DHT22 memberikan keseimbangan optimal antara kinerja dan biaya untuk aplikasi ini, sering digunakan dalam *smart agriculture* [20]. Demikian pula, sensor MQ135 dipilih karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), serta kemudahan integrasinya dengan mikrokontroler. MQ135 menyediakan solusi yang *cost-effective* dan cukup responsif untuk deteksi dini kadar amonia di lapangan [21, 22]. Sistem ini akan mengintegrasikan sensor dengan Arduino Uno, AC *dimmer* untuk kontrol kecepatan kipas dan pompa penyemprot air. Dengan pemanfaatan analisis data sederhana seperti *moving average*, sistem ini diharapkan mampu menjaga kondisi lingkungan yang lebih stabil dan optimal bagi pertumbuhan ayam, meningkatkan efisiensi operasional, dan menjadi fondasi untuk pengembangan sistem kendali berbasis kecerdasan buatan. Gambar 1 menunjukkan gambaran umum dari arsitektur sistem pengaturan suhu dan kadar amoniak pada kandang ayam tertutup.



Gambar 1. Konsep Pengaturan Suhu dan Kadar Amonia Kandang Ayam Sistem Tertutup

2. Metode Penelitian

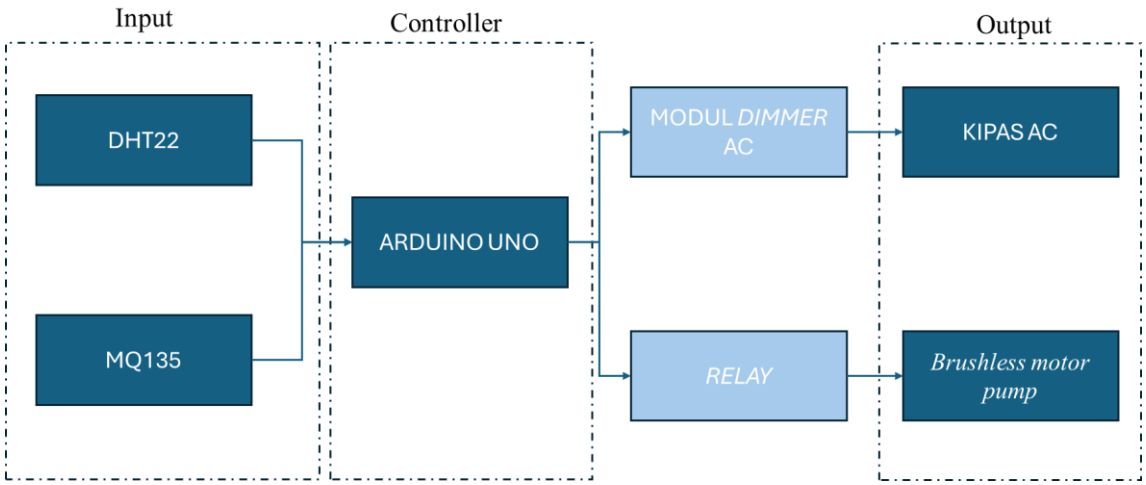
Pembahasan pada bagian ini mencakup aspek desain, spesifikasi komponen perangkat keras, implementasi logika operasional dan prosedur pengujian beserta analisis data. Pada bagian desain dan komponen perangkat keras, prototipe sistem dirancang untuk mengotomatisasi pengendalian suhu dan kadar amonia di dalam lingkungan kandang ayam tertutup. Komponen utama yang digunakan meliputi:

a. Sensor suhu dan kelembaban DHT22: Dipilih sebagai sensor utama untuk akuisisi data suhu. DHT22 memiliki rentang pengukuran suhu −40°C hingga 80°C dengan akurasi ±0.5°C, serta kemampuannya untuk mengukur kelembaban relatif. Sensor ini menawarkan keseimbangan optimal antara biaya, akurasi, dan kemudahan implementasi untuk aplikasi peternakan [19, 20].
b. Sensor Gas MQ135: Digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia (NH_3) di udara. MQ135 memiliki sensitivitas yang baik terhadap amonia dan polutan udara lainnya, menjadikannya pilihan yang efektif untuk memantau kualitas udara di lingkungan kandang [22, 23].
c. Mikrokontroler Arduino Uno R3: Bertindak sebagai unit pemroses sentral yang mengumpulkan data dari sensor, mengimplementasikan algoritma kontrol, dan

mengirimkan sinyal ke aktuator. *Platform* ini dipilih karena fleksibilitas dan kemudahan *prototyping* [24].

d. Modul AC *Dimmer*: Digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar kipas motor AC secara proporsional melalui teknik *phase control*. Modul ini memungkinkan penyesuaian daya AC yang mengalir ke kipas, sehingga kecepatan dapat diatur bukan hanya dalam dua keadaan yaitu *on* atau *off* saja [25].
e. Kipas Motor AC: Berfungsi mengatur sirkulasi udara dan suhu di dalam kandang. Kecepatannya dikendalikan oleh modul AC *dimmer*.
f. *Brushless Motor Pump*: Pompa ini dipasang bersama dengan nozel *sprayer* dan diletakkan di depan kipas. Fungsinya adalah menyemprotkan air dalam bentuk kabut halus yang kemudian disebarkan oleh aliran udara kipas untuk membantu menurunkan konsentrasi amonia [26].

Proses logika kerja sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan diagram blok yang menggambarkan hubungan antar komponen utama, yaitu sensor DHT22, sensor MQ135, Arduino Uno R3, kipas motor AC, dan *brushless motor pump*.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Pengaturan Suhu dan Kadar Amoniak

Kecepatan kipas diatur dalam tiga kategori daya yang berbeda berdasarkan pembacaan suhu oleh sensor DHT22. Gambar 3 menunjukkan sistem pengaturan kecepatan kipas dan motor *pump*. Tiga mode kecepatan kipas sebagai berikut:

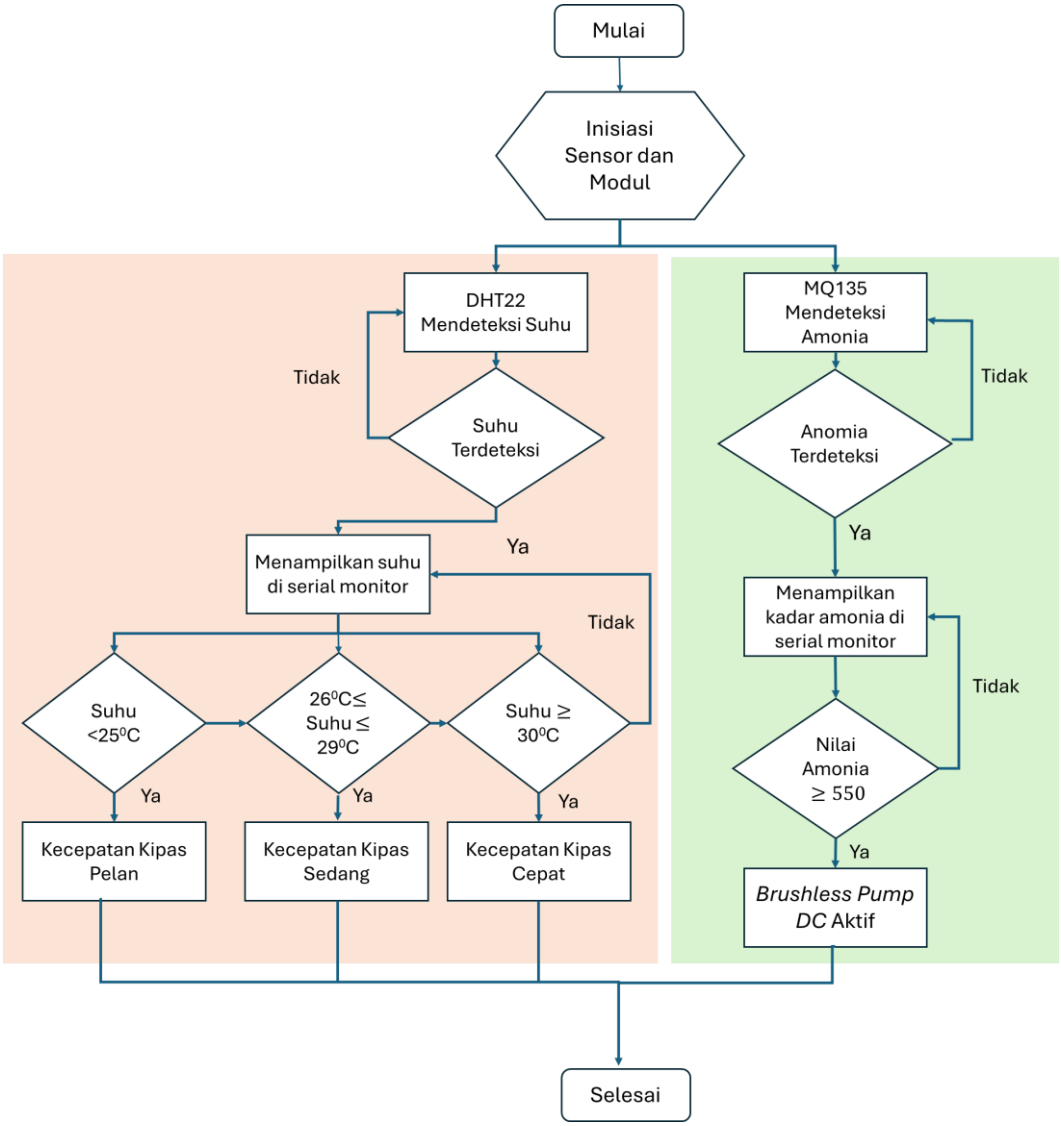
a. Mode Pelan: Kipas beroperasi pada kecepatan rendah (daya 40% PWM, rata-rata *tachometer* 451–594 RPM). Aktif jika suhu terdeteksi di bawah 25°C.
b. Mode Sedang: Kipas beroperasi pada kecepatan menengah (daya 50% PWM, rata-rata *tachometer* 1104–1210 RPM). Aktif jika suhu berada antara 26−29°C.
c. Mode Cepat: Kipas beroperasi pada kecepatan tinggi (daya 70% PWM, rata-rata *tachometer* 2237–2242 RPM). Aktif jika suhu terdeteksi di atas 30°C.

Pada sistem kontrol kadar ammonia, pompa penyemprot air diaktifkan berdasarkan ambang batas konsentrasi amonia yang terdeteksi oleh sensor MQ135:

a. Status NON-AKTIF (LOW): Pompa tetap mati jika nilai pembacaan sensor MQ135 kurang dari 550 ppm.
b. Status AKTIF (HIGH): Pompa akan menyemprotkan air jika nilai pembacaan sensor MQ135 sama dengan atau lebih besar dari 550 ppm (≥550 ppm). Air yang dikabutkan akan mengikat partikel amonia, membantunya mengendap atau terbawa keluar oleh aliran udara.

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi fungsi dan kinerja prototipe:

1. Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22: Dilakukan dengan membandingkan pembacaan suhu DHT22 terhadap alat ukur standar (*hygrometer*) pada enam titik suhu yang berbeda, dengan masing-masing titik diulang sepuluh kali untuk akurasi statistik.
2. Pengujian Respon Kecepatan Kipas: RPM kipas diukur menggunakan tachometer pada berbagai tingkat daya (40%, 50%, 70%) yang diatur oleh modul AC *dimmer*. Data ini digunakan untuk mengkarakterisasi respons kipas terhadap input kontrol.
3. Pengujian Respon Amonia dan Pompa: Sistem diuji dengan memvariasikan konsentrasi amonia menggunakan sumber gas eksternal (pemantik api) dan mengamati respons sensor MQ135 serta aktivasi pompa penyemprot. Sebanyak tiga kali percobaan amonia (Percobaan I, II, dan III) dilakukan, di mana setiap percobaan mencakup serangkaian pengambilan data pembacaan sensor MQ135 dan status pompa.



Gambar 3. *Flowchar*t Sistem Pengaturan Kecepatan Kipas dan *Brushless Pump* DC

Data yang terkumpul dianalisis secara kuantitatif. Dalam rangka mengoptimalkan kinerja sistem melalui kontrol adaptif, metode rata-rata bergerak (*moving average*) diaplikasikan pada data pembacaan sensor MQ135. Rata-rata bergerak dihitung dengan Persamaan (1).

$$MA_n = \frac{1}{k}\sum_{i=n-k+1}^{n} X_i \quad (1)$$

dengan

MA_n : nilai rata-rata bergerak pada titik data ke-n

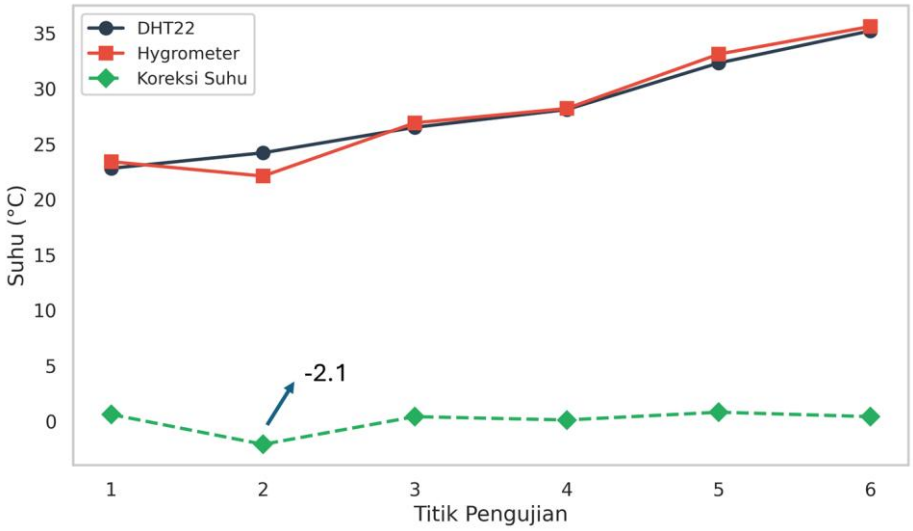
k : ukuran jendela, dalam studi ini bernilai 3

X_i : nilai daya pada titik ke-i

Analisis *moving average* ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana ambang batas aktivasi dapat disesuaikan secara dinamis, sehingga mengurangi *chattering* pompa dan mengoptimalkan penggunaan energi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian kalibrasi sensor DHT22 dibandingkan dengan nilai standar dari *hygrometer* ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian dilakukan pada enam titik suhu berbeda, dengan sepuluh kali percobaan pada setiap titik. Hasil menunjukkan adanya selisih antara pembacaan DHT22 dan *hygrometer*, dengan koreksi terbesar $-2.1^{\circ}\mathrm{C}$ pada titik kedua, sedangkan titik lainnya menunjukkan koreksi dalam rentang $0.1^{\circ}\mathrm{C}$ hingga $0.8^{\circ}\mathrm{C}$. Meskipun ada perbedaan, sistem tetap berfungsi sesuai rentang suhu yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa DHT22 memiliki akurasi yang memadai untuk aplikasi ini, meskipun kalibrasi lebih lanjut dapat meningkatkan presisi untuk aplikasi yang sangat kritis.



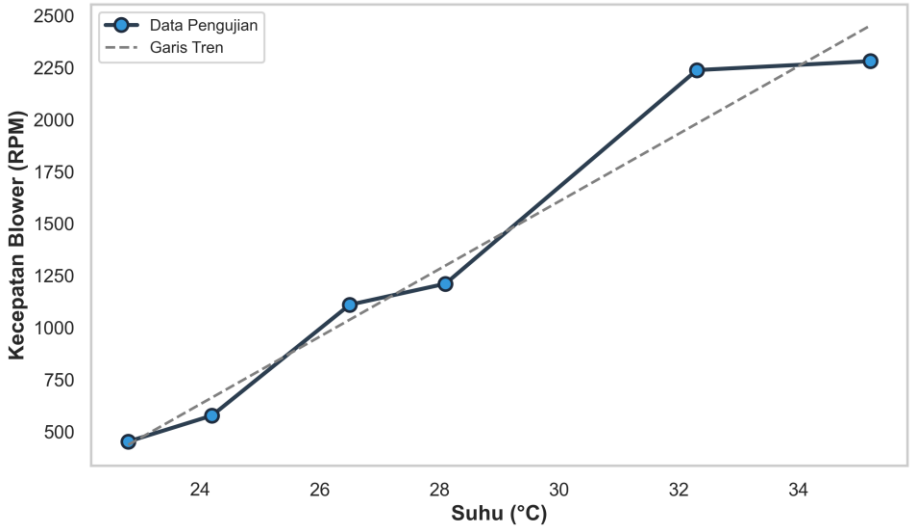
Gambar 3. Perbandingan Pembacaan Suhu DHT22 dan Hygrometer

Tabel 1 menyajikan perbandingan antara rata-rata pembacaan suhu DHT22 dengan rata-rata kecepatan kipas yang diukur oleh tachometer. Data ini secara jelas menunjukkan hubungan berbanding lurus, di mana peningkatan suhu secara konsisten diikuti oleh peningkatan kecepatan putar kipas. Ini memvalidasi respons fungsional sistem kontrol suhu terhadap perubahan lingkungan, memastikan kipas dapat beroperasi pada RPM yang sesuai dengan kategorisasi kecepatan.

Gambar 4 menunjukkan pola hubungan kenaikan suhu dengan kecepatan kipas yang dibaca oleh *tachometer*.

Tabel 1. Perbandingan Rata-Rata Pembacaan Suhu DHT22 dengan Nilai Rata-Rata *Tachometer*

Rata-rata Pembacaan Suhu DHT22 (°C)	Rata-rata nilai RPM	Status *Blower*	Kategori
22.8	453	Pelan	Aktif
24.2	578	Pelan	Aktif
26.5	1110	Sedang	Aktif
28.1	1211	Sedang	Aktif
32.3	2237	Kencang	Aktif
35.2	2280	Kencang	Aktif



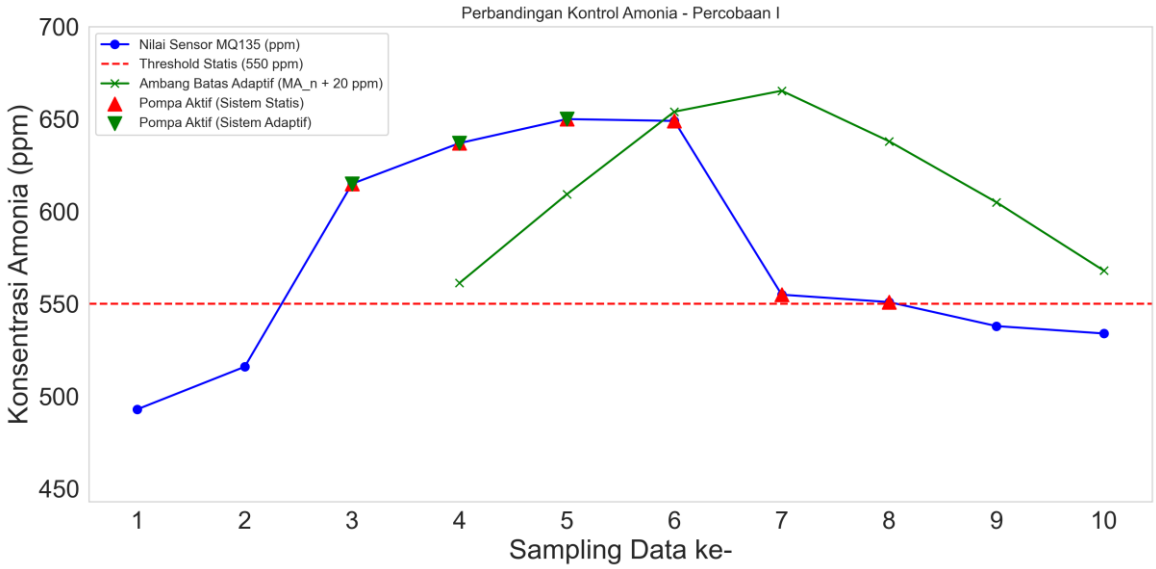
Gambar 4. Pola Perbandingan Kenaikan Suhu dan Kecepatan kipas

Pengujian sistem pengendalian amonia dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas pompa penyemprot dalam merespons kadar amonia dan untuk menganalisis potensi peningkatan efisiensi melalui implementasi ambang batas adaptif. Sistem yang dikembangkan menggunakan ambang batas statis 550 ppm untuk mengaktifkan pompa penyemprot air. Pengamatan langsung menunjukkan bahwa ketika konsentrasi amonia mencapai atau melebihi ambang batas ini dan pompa aktif, air yang dikabutkan oleh nozel dan disebarkan oleh kipas membantu mengurangi kadar amonia di lingkungan pengujian.

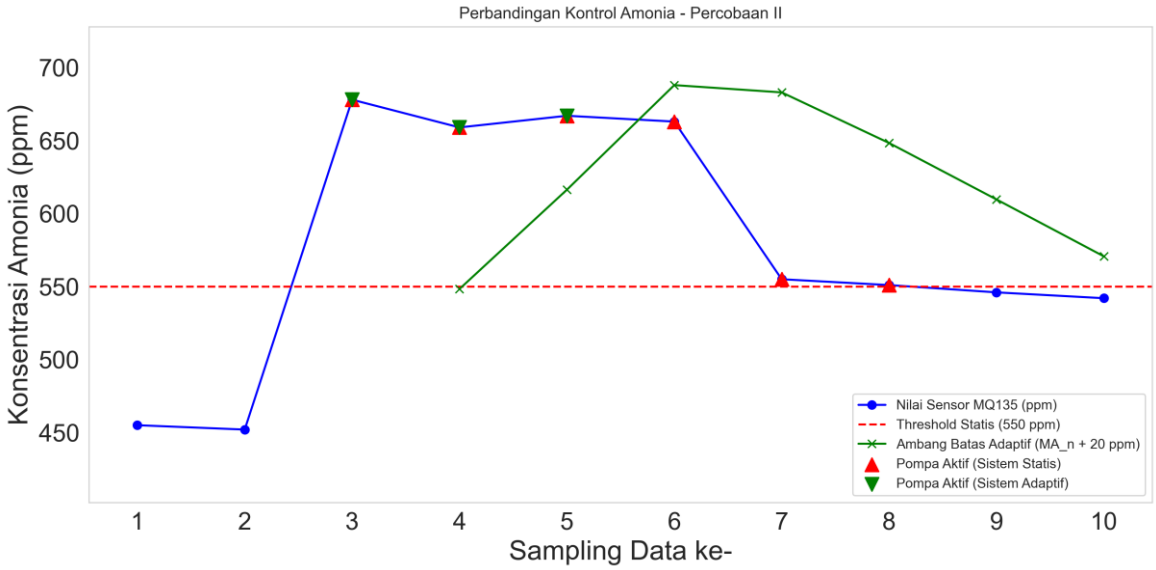
Evaluasi perbedaan kinerja antara sistem berbasis ambang statis dan potensi sistem adaptif, dilakukan dengan menganalisis data pembacaan sensor MQ135 dari tiga percobaan pengujian. Konsep rata-rata bergerak (*moving average*) diterapkan untuk memproyeksikan perilaku ambang batas adaptif, dengan formula *threshold adaptif* = MA_n + 20 ppm. Pemilihan *moving average* dengan jendela k = 3 bertujuan untuk meredam fluktuasi data jangka pendek dan memungkinkan sistem bereaksi pada tren peningkatan amonia yang lebih signifikan, bukan hanya puncak sesaat. Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 mengilustrasikan perbandingan respon aktivasi pompa amonia pada Percobaan I, II, dan III antara sistem statis dan sistem dengan proyeksi ambang batas adaptif.

Setiap grafik memvisualisasikan pembacaan sensor amonia MQ135 (garis biru), ambang batas statis 550 ppm (garis merah putus-putus), dan proyeksi ambang batas adaptif (rata-rata bergerak 3 data sebelumnya + 20 ppm) (garis hijau). Aktivasi pompa oleh sistem statis dan potensi aktivasi oleh sistem adaptif masing-masing ditandai dengan segitiga merah dan hijau. Pada Percobaan I (Gambar 5), teramati bahwa sistem statis menunjukkan frekuensi aktivasi pompa yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem adaptif. Perbedaan ini menjadi sangat jelas pada *sampling* ke-6, ke-7, dan ke-8. Meskipun nilai sensor amonia masih tinggi, ambang batas adaptif telah menyesuaikan diri, sehingga mencegah aktivasi pompa yang tidak

perlu oleh sistem adaptif, sementara sistem statis terus mengaktifkan pompa. Hal ini mengindikasikan kemampuan sistem adaptif untuk mengakomodasi perubahan kondisi lingkungan secara dinamis.



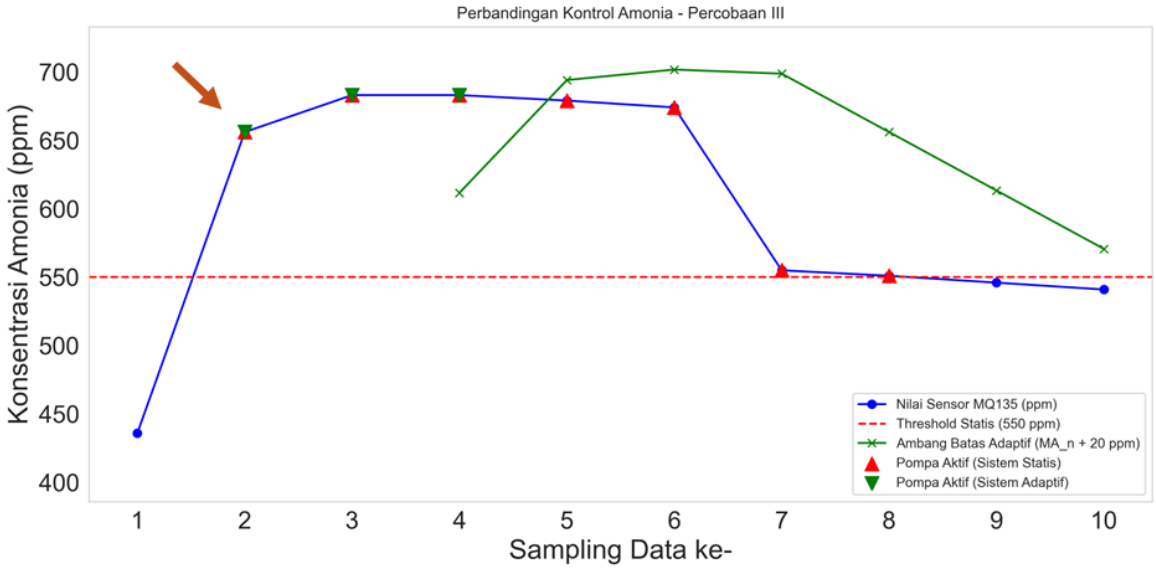
Gambar 5. Perbandingan Sistem Kontrol Amonia: *Threshold* Metode Statis dan Adaptif pada Percobaan 1



Gambar 6. Perbandingan Sistem Kontrol Amonia: *Threshold* Metode Statis dan Adaptif pada Percobaan II

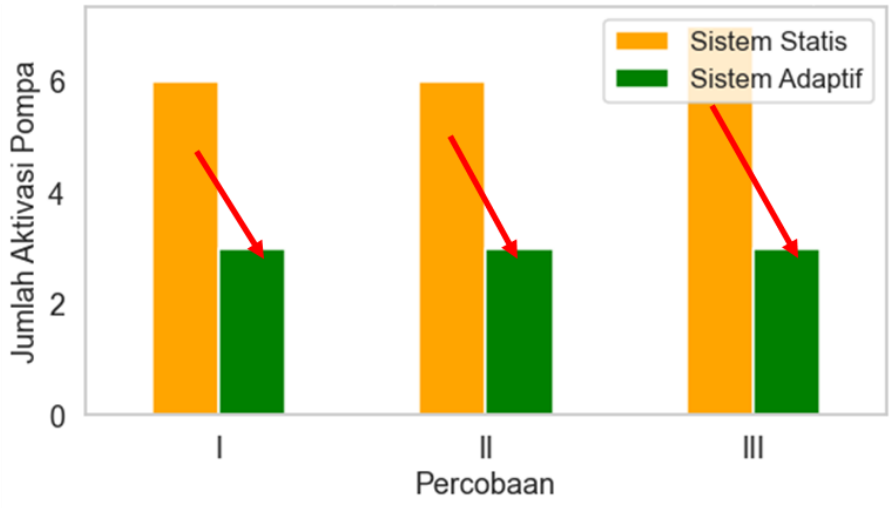
Percobaan II (Gambar 6) menunjukkan pola yang konsisten dengan Percobaan I. Sistem adaptif kembali memperlihatkan aktivasi yang lebih selektif. Pada fase di mana konsentrasi amonia tinggi dan stabil, sistem adaptif secara efektif mengurangi fenomena *chattering* pompa. Ini menegaskan keunggulan sistem adaptif dalam meminimalkan aktivasi berulang yang tidak efisien, yang sering terjadi pada sistem statis saat nilai sensor berfluktuasi di sekitar ambang batas. Demikian pula, hasil dari Percobaan III (Gambar 7) semakin memperkuat observasi sebelumnya. Meskipun sistem adaptif juga menunjukkan aktivasi pada *sampling* ke-2 (tanda panah) karena adanya lonjakan awal konsentrasi amonia yang

signifikan, sistem ini tetap berhasil mengurangi jumlah aktivasi pada *sampling* berikutnya jika dibandingkan dengan sistem statis. Ini menyoroti adaptabilitas sistem dalam merespons perubahan drastis, namun tetap mempertahankan efisiensinya dalam jangka panjang.



Gambar 7. Perbandingan Sistem Kontrol Amonia: *Threshold* Metode Statis dan Adaptif pada Percobaan 1II

Secara kuantitatif, perbandingan total jumlah aktivasi pompa antara kedua sistem dirangkum dalam Gambar 8. Grafik batang ini secara jelas menunjukkan bahwa sistem ambang batas adaptif secara konsisten mengurangi frekuensi aktivasi pompa. Penurunan jumlah aktivasi berkisar antara 50% hingga 60% di ketiga skenario percobaan. Reduksi signifikan ini memiliki implikasi penting terhadap efisiensi energi dan dapat secara substansial mengurangi *chattering* pompa, yang pada gilirannya dapat memperpanjang umur operasional komponen sistem. Secara keseluruhan, temuan dari ketiga percobaan secara konsisten menunjukkan bahwa penerapan ambang batas adaptif, yang didasarkan pada rata-rata bergerak data sebelumnya, secara signifikan meningkatkan efisiensi dan stabilitas sistem kontrol amonia dibandingkan dengan sistem ambang batas statis. Sistem adaptif lebih responsif terhadap dinamika konsentrasi amonia dan lebih efektif dalam mencegah aktivasi pompa yang tidak perlu, sehingga menghasilkan kinerja yang lebih optimal.



Gambar 8. Jumlah Aktivasi Pompa: Statis vs Adaptif

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini berhasil dikembangkan prototipe sistem otomatis yang adaptif untuk mengontrol suhu dan kadar amonia di dalam kandang ayam tertutup. Sistem ini secara efektif menyesuaikan kecepatan kipas berdasarkan suhu (dengan logika tiga level) dan mengaktifkan pompa penyemprot air untuk mitigasi ammonia dengan memanfaatkan sensor DHT22 dan MQ135. Hipotesis bahwa analisis data dapat mengidentifikasi potensi untuk kontrol amonia yang lebih efisien telah divalidasi, terbukti dengan analisis yang menunjukkan bahwa penerapan ambang batas adaptif berbasis *moving average* secara konsisten mengurangi frekuensi aktivasi pompa sebesar 50% hingga 60% dibandingkan sistem statis. Keberhasilan ini menyoroti pentingnya pendekatan terintegrasi dan adaptif dalam manajemen lingkungan peternakan modern untuk mengoptimalkan operasional dan efisiensi.

Saran untuk penelitian selanjutnya mencakup implementasi penuh algoritma kontrol adaptif untuk kecepatan kipas dan ambang batas pompa amonia, serta pengujian langsung pada sistem fisik. Selain itu, diperlukan uji jangka panjang dalam skala kandang komersial untuk menilai ketahanan dan efektivitas sistem. Integrasi teknologi *machine learning*, seperti model prediktif atau PID adaptif, dapat diterapkan untuk meningkatkan responsivitas sistem terhadap perubahan lingkungan. Penambahan sensor kelembaban, CO_2, dan kebisingan juga disarankan guna memperluas cakupan pemantauan. Di sisi lain, optimasi konsumsi energi sistem menjadi penting untuk efisiensi operasional, dan analisis dampaknya terhadap produktivitas ayam perlu dilakukan melalui studi komparatif dengan sistem konvensional.

Daftar Referensi

[1] M. M. M. Meltyn, Abd. Rahim, A. Samsir, C. A. Kamaruddin, and D. R. D. Hastuti, "Analisis faktor yang mempengaruhi permintaan ayam ras pedaging di Kota Makassar," *Jurnal EMT KITA*, vol. 8, no. 3, pp. 832–837, Jul. 2024, doi: 10.35870/emt.v8i3.2516.

[2] Nurlaila, N. E. Purwanti, and Husriadi, "Analisis faktor pengembangan usaha peternakan ayam potong dengan sistem kandang close house pada peternakan Ahmad Wahyudi di Kolaka Timur," *Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 8, no. 2, pp. 548–569, Oct. 2023, [Online]. Available: www.litbang.deptan.co.id

[3] N. Muhammad Naser, T. Rumiyani, M. Rizkia Shaffira, P. Ternak, J. Peternakan, and P. Negeri Lampung, "Manajemen kandang broiler di kandang Karya Mandiri Farm Desa Trimulyo Kecamatan Tegineneng Kabupaten Pesawaran," *Jurnal Agribisnis Peternakan (JINAK)*, vol. I, no. 1, pp. 1–5, Jun. 2023.

[4] F. F. G. Ray *et al.*, "Pembuatan perangkat pengatur suhu dan kelembaban kandang ayam pedaging otomatis berbasis Arduino Uno di Kelurahan Nun Baun Delha Kota Kupang," *Journal of Community Service (KJCS)*, vol. 3, pp. 108–115, Nov. 2023.

[5] M. Bakhrul Anwar, S. Irba Novaela, and R. Novela Esti, "Perbedaan sistem kandang close house dan open house terhadap performan ayam broiler di PT Brantas Abadi Sentosa Unit Madiun," *Journal of Livestock Science and Production*, vol. 9, no. 1, pp. 29–41, 2025.

[6] E. D. Susanti, M. Dahlan, and D. Wahyuning, "Perbandingan produktivitas ayam broiler terhadap sistem kandang terbuka (open house) dan kandang tertutup (closed house) di UD Sumber Makmur Kecamatan Sumberrejo Kabupaten Bojonegoro," *Jurnal Ternak*, vol. 7, no. 1, Jun. 2016, doi: 10.30736/jy.v7i1.5.

[7] M. Q. Sa'ad, Sumiati, R. Afnan, and R. Fadilah, "Improving broiler chicken farming management in closed houses," *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, vol. 13, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2025, doi: 10.29244/jipthp.13.1.1-7.

[8] D. Bacillus Cereus, R. M. Ikhwan, I. Rukmi, and S. Pujiyanto, "Penurunan kadar amonia feses ayam pedaging menggunakan prebiotik bungkil inti sawit dengan inokulum bakteri Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, dan Bacillus cereus," *Jurnal Akademika Biologi*, vol. 5, no. 3, pp. 1–6, Aug. 2016, Accessed: Jul. 16, 2025. [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19497.

[9] A. A. Justiani, "Hubungan paparan gas amonia terhadap gangguan pernapasan pada pekerja peternakan ayam," *Jurnal Medika Hutama*, vol. 2, pp. 750–756, Jan. 2021, [Online]. Available: http://jurnalmedikahutama.com.

[10] R. Prihandanu, A. Trisanto, and Y. Yuniati, "Model sistem kandang ayam closed house otomatis menggunakan Omron Sysmac CPM1A 20-CDR-A-V1," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 54–62, Jan. 2015.

[11] M. N. Arifin, M. Hannats, H. Ichsan, and S. R. Akbar, "Monitoring kadar gas berbahaya pada kandang ayam dengan menggunakan protokol HTTP dan ESP8266," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 11, pp. 4600–4606, Nov. 2018, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id.

[12] S. I. Orakwue, H. M. R. Al-Khafaji, and M. Z. Chabuk, "IoT based smart monitoring system for efficient poultry farming," *Webology*, vol. 19, no. 1, pp. 4105–4112, Jan. 2022, doi: 10.14704/web/v19i1/web19270.

[13] P. Pendriadi, S. Meliala, M. A. Muthalib, and A. Bintoro, "Studi kadar gas amonia menggunakan sensor Amonia MQ135 menggunakan spredsheet berbasis Internet of Thing (IoT)," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 25, no. 2, pp. 75–84, Jun. 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.2.75-84.

[14] F. Maulana, A. Sumaedi, and F. Fiqri, "Analisa hasil perancangan alat pendeteksi suhu dan kelembaban kandang ayam berbasis mikrokontroler Arduino Uno," *Journal Information & Computer*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, Jan. 2024.

[15] Imam and N. Abdillah, "Sistem pemantau suhu dan kelembaban pada kandang anak ayam berbasis Internet of Things," *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 509–517, Aug. 2024, doi: 10.59407/JRSIT.V2I1.1035.

[16] B. G. Caesario, E. Setiawan, and R. Primananda, "Sistem pengendalian suhu pada kandang ayam broiler menggunakan PID controller," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 3, pp. 1336–1344, Jan. 2023, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id.

[17] L. A. Wahid, A. Sumarahinsih, and S. A. Gumilang, "Implementasi metode Fuzzy untuk mempertahankan suhu dan kelembapan pada kandang ayam," in *SEMNASTI 2023*, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, 2023. [Online]. Available: https://semnasti.unipasby.ac.id/proceedings/.

[18] A. A. Kasim, R. Maulana, and G. E. Setyawan, "Implementasi otomasi kandang dalam rangka meminimalisir heat stress pada ayam broiler dengan metode Fuzzy Sugeno," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 1403–1410, Feb. 2019, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id.

[19] H. Aspriyono, N. Saputra, and E. P. Rohmawan, "Penerapan wireless sensor network untuk deteksi suhu, kelembapan dan gas amonia pada kandang sapi," *JURNAL AMPLIFIER : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 14, no. 1, pp. 89–94, May 2024, doi: 10.33369/jamplifier.v14i1.31801.

[20] A. D. Hendra Saptadi Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto Jl I Panjaitan No, "Perbandingan akurasi pengukuran suhu dan kelembaban antara sensor DHT11 dan DHT22," *Jurnal INFOTEL*, vol. 6, no. 2, pp. 49–56, Nov. 2014, doi: 10.20895/INFOTEL.V6I2.16.

[21] G. Setyawan, M. Ardiansah, and I. Fahrurrozi, "Uji kinerja sistem pemberi vitamin untuk industri peternakan ayam," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 47–54, May 2021, doi: 10.5614/JOKI.2021.13.1.5.
[22] David C. Runtuwene, Vecky C. Poekoel, and Pinrolinvic D.K. Manembu, "IoT based control and monitoring system for poultry convenience," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, pp. 91–96, Jul. 2024.
[23] D. Komaludin and H. Sofyan, "Sistem IoT dan kecerdasan buatan terintegrasi untuk optimalisasi kondisi lingkungan kandang ayam closed house," *Jurnal Teknologika*, vol. 15, pp. 749–757, 2025, doi: 10.51132/teknologika.v15i1.446.
[24] G. T. Hadiyanto, R. Saptarika, N. Effendi, and A. K. Raharjo, "Rancang bangun sistem monitoring suhu dan kelembaban kandang anak ayam berbasis Arduino Uno melalui bluetooth," *Zona Elektro: Jurnal Ilmiah*, vol. 15, no. 1, pp. 41–48, 2025.
[25] M. R. Wahyudi and A. R. Nugraha, "Alat inkubator kandang anak ayam menggunakan sensor suhu DHT11 dengan Mikrokontroler Arduino," *JUTEKIN (Jurnal Teknik Informatika)*, vol. 11, no. 2, Jan. 2024, doi: 10.51530/jutekin.v11i2.800.
[26] F. Fatahillah, N. Nasri, and M. Munawar, "Rancang bangun prototype pengendali gas amonia pada peternakan ayam broiler berbasis IoT," *Jurnal TEKTRO*, vol. 7, no. 2, pp. 234–239, Sep. 2023, doi: 10.30811/TEKTRO.V7I2.4937.