

Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu Kandang Ayam Broiler Berbasis IoT Menggunakan Rule-Based Control dan MQTT

Higmatul Najib Ananda Saputra^{1*}, Irfan Harviansah², Gigieh Priambodo³, Pramono⁴

¹Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
1*230103166@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
230103167@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
3230103165@mhs.udb.ac.id

⁴Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
4pramono@udb.ac.id

Abstrak— Pengendalian suhu kandang ayam broiler secara konvensional masih banyak dilakukan secara manual, sehingga respons terhadap perubahan lingkungan menjadi lambat dan tidak terstandarisasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan pengendalian suhu kandang ayam broiler berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Rule-Based Control, dengan parameter kendali yang dapat disesuaikan secara dinamis melalui antarmuka web sesuai fase pertumbuhan ayam. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP8266, sensor DHT22, aktuator lampu dan kipas yang dikendalikan melalui relay, serta LCD sebagai penampil data lokal. Komunikasi data dilakukan melalui protokol MQTT, sedangkan antarmuka monitoring dan kontrol dikembangkan menggunakan framework React.js. Pengujian dilakukan pada prototipe miniatur kandang berukuran 40×20 cm, meliputi akurasi sensor, respons aktuator pada mode otomatis, kemampuan adaptasi threshold melalui antarmuka web, dan fungsionalitas kontrol manual sebagai override. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error pembacaan sensor sebesar 0,80% untuk suhu dan 0,94% untuk kelembapan dibandingkan alat ukur pembanding. Sistem berhasil merespons seluruh kondisi suhu sesuai aturan yang ditetapkan dengan tingkat kesesuaian 100%, serta terbukti menerapkan nilai threshold terbaru setelah diperbarui melalui web. Fitur kontrol manual juga berfungsi sebagai override penuh terhadap sistem otomatis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan Rule-Based Control yang dipadukan dengan antarmuka web berbasis MQTT berpotensi menjadi solusi yang sederhana, akurat, dan adaptif untuk pengendalian lingkungan kandang ayam broiler berdasarkan fase pertumbuhan.

Kata kunci— Internet of Things, Rule-Based Control, ESP8266, kandang ayam broiler, MQTT.

Abstract— Conventional temperature control in broiler chicken coops is still largely performed manually, resulting in slow and inconsistent responses to environmental changes. This research aims to develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for broiler coop temperature using the Rule-Based Control method, with control parameters that can be dynamically adjusted through a web interface according to the chicken's growth phase. The system was built using an ESP8266 microcontroller, a DHT22 sensor, lamp and fan actuators controlled via relays, and an LCD for local data display. Data communication was handled through the MQTT protocol, while the monitoring and control interface was developed using the React.js framework. Testing was conducted on a 40×20 cm miniature coop prototype, covering sensor accuracy, actuator response in automatic mode, threshold adaptability through the web interface, and manual control functionality as an override. The results showed an average reading error of 0.80% for temperature and 0.94% for humidity compared to a reference measuring instrument. The system successfully responded to all temperature conditions according to the defined rules with a 100% compliance rate, and was proven to apply updated threshold values after being changed through the web interface. The manual control feature also functioned as a full override of the automatic system. This research concludes that the Rule-Based Control approach combined with an MQTT-based web interface has the potential to be a simple, accurate, and adaptive solution for environmental control in broiler chicken coops based on growth phase.

Keywords— Internet of Things, Rule-Based Control, ESP8266, broiler chicken coop, MQTT.

I. PENDAHULUAN

Peternakan ayam broiler merupakan salah satu subsektor peternakan yang berkembang pesat di berbagai negara, seiring tingginya permintaan protein hewani dari Masyarakat [1]. Keberhasilan budidayanya sangat bergantung pada manajemen lingkungan kandang,

khususnya pengendalian suhu dan kelembapan, yang perlu dijaga secara konsisten karena setiap fase pertumbuhan starter, grower, hingga finisher memiliki rentang parameter optimal yang berbeda[2]. Pemantauan konvensional yang masih banyak diterapkan peternak skala kecil hingga menengah umumnya dilakukan secara manual, sehingga respons terhadap

perubahan kondisi lingkungan menjadi lambat dan tidak terstandarisasi[1].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang solusi atas permasalahan tersebut. IoT memungkinkan perangkat fisik terhubung ke jaringan internet untuk saling bertukar data dan dikendalikan dari jarak jauh secara otomatis [3]. Berbagai penelitian telah mengeksplorasi penerapan IoT pada pemantauan lingkungan kandang unggas, umumnya mengintegrasikan mikrokontroler berbasis ESP8266 dengan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan secara *real-time*[2]. Sensor DHT22 terbukti dapat diandalkan dalam pemantauan parameter lingkungan kandang, dengan korelasi tinggi terhadap perangkat referensi komersial [1]. Platform monitoring berbasis web dengan protokol MQTT telah dimanfaatkan untuk menyediakan antarmuka *monitoring* secara *real-time*, di mana mikrokontroler mengirimkan data sensor ke *broker* MQTT yang kemudian diteruskan dan divisualisasikan melalui *dashboard* web kepada pengguna [4]. Sistem berbasis relay sebagai komponen *switching* aktuator—berupa lampu pemanas dan kipas pendingin—dilengkapi pula dengan LCD sebagai penampil data lokal, dan telah berhasil menjaga kondisi lingkungan kandang secara lebih konsisten dibandingkan pengendalian manual [5]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut pada umumnya belum mengakomodasi perbedaan parameter kendali berdasarkan fase pertumbuhan ayam, sehingga masih terdapat celah yang perlu dikembangkan [2].

Metode pengambilan keputusan yang dipilih dalam penelitian ini adalah *Rule-Based Control*, yaitu pendekatan berbasis aturan logika dalam format IF-THEN [6]. Setiap aturan mendefinisikan kondisi tertentu sebagai pemicu dan aksi yang harus dilaksanakan sebagai respons—misalnya: IF suhu melebihi batas atas THEN kipas aktif, atau IF suhu berada di bawah batas bawah THEN lampu pemanas aktif. Pendekatan ini dipilih karena implementasinya yang sederhana dan transparan, tidak memerlukan komputasi kompleks, sehingga

sesuai untuk dijalankan pada mikrokontroler dengan sumber daya terbatas seperti ESP8266[7]. Dibandingkan dengan pendekatan seperti Fuzzy Logic atau PID Controller yang membutuhkan proses *tuning* parameter lebih kompleks [8], *Rule-Based Control* memungkinkan modifikasi aturan yang lebih mudah dan langsung sesuai kebutuhan lapangan [9]. Kebaruan utama penelitian ini terletak pada integrasi *Rule-Based Control* dengan penyesuaian parameter suhu dan kelembapan secara dinamis berdasarkan fase pertumbuhan ayam broiler, sehingga sistem mampu memberikan kondisi lingkungan yang tepat pada setiap tahapan pemeliharaan [10].

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem IoT berbasis ESP8266 dan DHT22 yang mampu memonitor suhu dan kelembapan kandang ayam broiler secara *real-time* dengan keluaran data pada LCD dan antarmuka web, mengendalikan aktuator berupa lampu dan kipas secara otomatis menggunakan *Rule-Based Control*, menyesuaikan parameter kendali berdasarkan fase pertumbuhan, serta menyediakan fitur monitoring dan kontrol manual jarak jauh melalui website yang dikembangkan secara mandiri. Pengujian dilakukan pada miniatur kandang sebagai prototipe, dengan fokus validasi pada akurasi monitoring, respons sistem kendali otomatis, fungsionalitas kontrol manual, dan kesesuaian parameter antar fase pertumbuhan [5][7].

II. METODOLOGI PENELITIAN

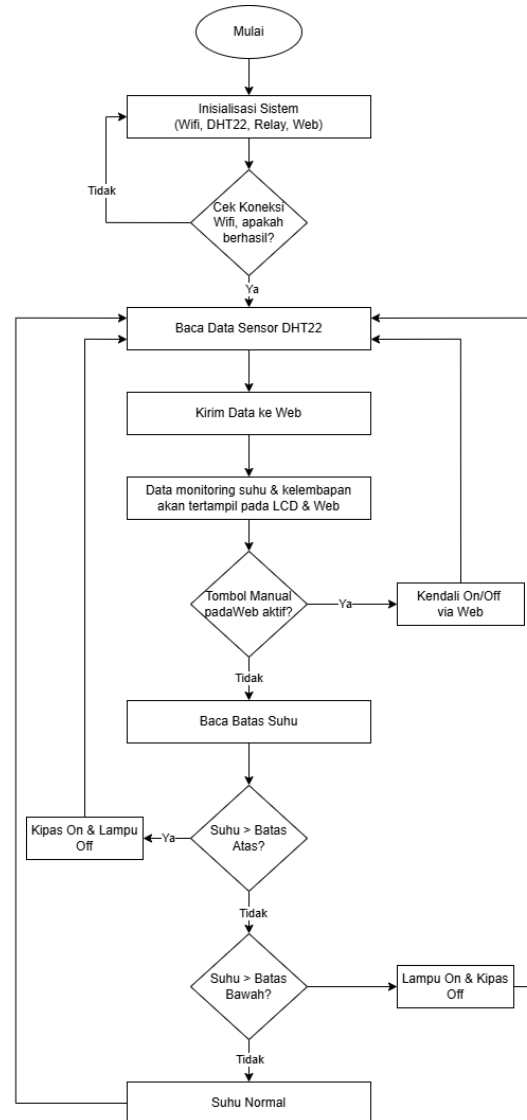
Sistem monitoring dan pengendalian suhu serta kelembapan kandang ayam broiler ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai unit pemroses utama, sensor DHT22 sebagai perangkat pembacaan kondisi lingkungan, serta lampu dan kipas sebagai aktuator yang dikendalikan melalui modul relay. Metode pengambilan keputusan yang digunakan adalah *Rule-Based Control* dengan parameter yang disesuaikan berdasarkan fase pertumbuhan ayam broiler. Seluruh data sensor dan status aktuator dipantau secara *real-time* melalui layar LCD dan platform Dashboard Web, yang juga

menyediakan fitur kontrol manual sebagai *override* terhadap sistem otomatis. Pada bagian ini akan dijelaskan perancangan sistem, perancangan perangkat keras, serta perancangan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem.

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup pembuatan diagram blok dan diagram alir sebagai dasar pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak. Diagram blok dan diagram alir masing-masing disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pada diagram blok Gambar 1 dijelaskan bahwa sensor DHT22 merupakan masukan yang membaca kondisi suhu dan kelembapan di dalam kandang, mikrokontroler ESP8266 sebagai unit pemroses utama, sedangkan lampu, kipas, LCD, dan platform Dashboard Web merupakan keluaran sistem. ESP8266 terhubung ke jaringan WiFi untuk mengirim dan menerima data dari platform Dashboard Web secara *real-time*.

Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Sistem ini memungkinkan pengguna memantau kondisi suhu dan kelembapan kandang serta mengendalikan aktuatur dari jarak jauh melalui aplikasi Dashboard Web. Pada diagram alir Gambar 2 dijelaskan bahwa program diawali dengan inisialisasi koneksi WiFi, sensor DHT22, modul relay, dan platform Dashboard Web. Apabila koneksi WiFi belum berhasil, sistem akan terus mencoba hingga koneksi terbentuk. Setelah seluruh perangkat berhasil diinisialisasi, sistem membaca data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22, menampilkannya secara lokal pada LCD, dan mengirimkannya ke platform Dashboard Web.

Sistem selanjutnya memeriksa mode operasi yang sedang aktif. Apabila mode manual aktif, pengendalian aktuator sepenuhnya diserahkan kepada pengguna melalui tombol pada aplikasi Dashboard Web sebagai *override* terhadap sistem otomatis. Apabila mode otomatis yang aktif, sistem menerapkan *threshold* suhu yang telah ditetapkan oleh pengguna melalui antarmuka web, yang dapat diperbarui sewaktu-waktu sesuai fase pertumbuhan ayam yang sedang berjalan. Penentuan nilai *threshold* suhu pada penelitian ini mengacu pada standar manajemen kandang broiler, di mana suhu ideal berkisar 31–35°C pada minggu pertama dan menurun bertahap sekitar 2–3°C setiap minggu seiring pertumbuhan ayam hingga mencapai kisaran 21–24°C pada fase akhir pemeliharaan [11]. Nilai *threshold* batas atas 31°C dan batas bawah 29°C yang digunakan pada pengujian prototipe merepresentasikan kondisi suhu pada salah satu tahap awal pertumbuhan, dan nilai ini dapat disesuaikan oleh pengguna melalui antarmuka web mengikuti fase aktual yang sedang berjalan pada kandang sesungguhnya. Sistem mengevaluasi kondisi suhu secara berurutan: jika suhu melebihi batas atas maka kipas diaktifkan, dan jika suhu berada di bawah batas bawah maka lampu diaktifkan. Apabila suhu berada dalam rentang normal, kedua aktuator dimatikan, sementara data kelembapan tetap dipantau dan ditampilkan tanpa memengaruhi status aktuator. Setelah satu siklus evaluasi selesai, sistem kembali ke tahap pembacaan sensor dan proses berulang secara kontinu.

B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem monitoring dan pengendalian kandang ayam broiler ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Komponen masukan sistem adalah sensor DHT22 yang dipasang di dalam miniatur kandang untuk membaca kondisi suhu dan kelembapan

secara langsung. Mikrokontroler NodeMCU V3 berbasis ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, memproses logika Rule-Based Control, serta mengoordinasikan seluruh komponen keluaran sistem. Aturan logika Rule-Based Control yang diterapkan pada sistem ini disajikan secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Aturan Rule-Based Control Sistem

No	Kondisi / IF	Aksi / THEN	Kipas	Lampu
1	Atas (>31°C)	Aktifkan Kipas	ON	OFF
2	Bawah (<29°C)	Aktifkan Lampu	OFF	ON
3	Normal (29-31°C)	Nonaktifkan Kedua Akuator	OFF	OFF

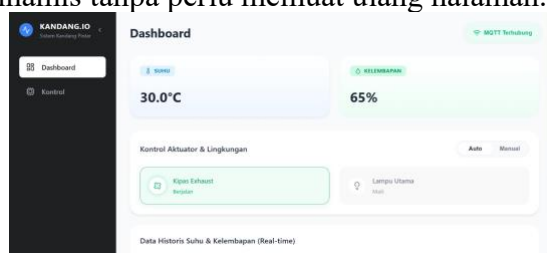
Gambar 3. Rangkaian Perangkat Keras

Sistem memiliki tiga komponen keluaran. Pertama, modul relay 2 channel yang berperan sebagai komponen *switching* untuk menghubungkan ESP8266 dengan aktuator berupa LED sebagai sumber pemanas dan kipas sebagai pendingin sekaligus sirkulasi udara. Relay channel

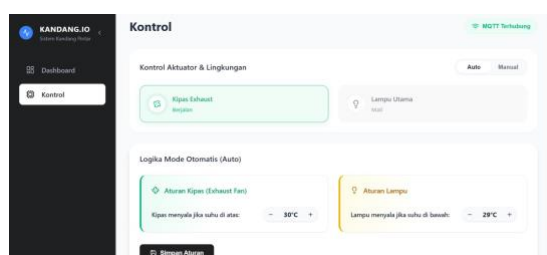
pertama mengendalikan LED, sedangkan relay channel kedua mengendalikan kipas. Kedua aktuator ini bekerja secara bergantian maupun bersamaan tergantung kondisi suhu dan kelembapan yang terdeteksi. Kedua, LCD 16x2 dengan modul antarmuka I2C (LCM1602 IIC) yang berfungsi menampilkan data suhu dan kelembapan secara lokal di kandang secara *real-time*, sehingga kondisi kandang dapat dipantau langsung tanpa memerlukan akses ke aplikasi Dashboard Web. Seluruh rangkaian dirakit pada *breadboard* untuk memudahkan proses perakitan dan pengujian. Sumber tegangan sistem menggunakan adaptor yang terhubung ke NodeMCU melalui kabel USB.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini berfokus pada pengembangan antarmuka web yang digunakan untuk menampilkan data hasil monitoring serta mengendalikan aktuator sistem secara *real-time*. Komunikasi data antara mikrokontroler ESP8266 dengan antarmuka web dilakukan melalui protokol MQTT, di mana data sensor dipublikasikan oleh ESP8266 ke broker MQTT dan diteruskan ke website untuk divisualisasikan kepada pengguna. Website dibangun menggunakan framework React.js agar tampilan data dan status aktuator dapat diperbarui secara dinamis tanpa perlu memuat ulang halaman.



Gambar 4. Halaman Dashboard Web



Gambar 5. Halaman Kontrol Web

Antarmuka web yang dirancang terdiri dari dua halaman utama, yaitu halaman Dashboard dan halaman Kontrol, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pada halaman Dashboard Gambar 4, ditampilkan nilai suhu dan kelembapan terkini yang dibaca dari sensor DHT22, status koneksi MQTT, status kondisi aktuator kipas dan lampu, serta grafik data historis suhu dan kelembapan secara *real-time*. Halaman ini memungkinkan pengguna memantau kondisi kandang secara menyeluruh dalam satu tampilan ringkas.

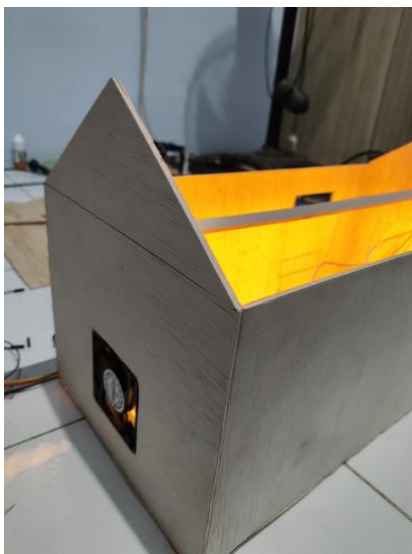
Pada halaman Kontrol Gambar 5, disediakan dua mode pengoperasian sistem, yaitu mode Auto dan Manual, yang dapat dipilih melalui tombol toggle di bagian atas halaman. Pada mode Manual, pengguna dapat mengendalikan kipas dan lampu secara langsung melalui antarmuka web sebagai override terhadap sistem otomatis. Pada mode Auto, sistem mengikuti aturan Rule-Based Control yang nilai threshold-nya dapat diatur oleh pengguna melalui bagian "Logika Mode Otomatis" pada halaman yang sama. Bagian ini menyediakan dua input threshold, yaitu batas suhu di atas tertentu yang menjadikan kipas aktif, dan batas suhu di bawah tertentu yang menjadikan lampu aktif. Pengguna dapat mengubah kedua nilai threshold tersebut melalui tombol penambah dan pengurang, kemudian menyimpannya melalui tombol "Simpan Aturan" agar nilai baru diterapkan oleh sistem. Mekanisme ini memungkinkan pengguna memperbarui parameter kendali secara mandiri setiap kali terjadi perubahan fase pertumbuhan ayam broiler, tanpa perlu mengubah kode program pada mikrokontroler.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

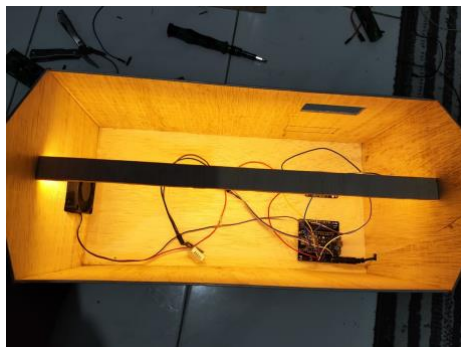
A. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan memasang seluruh komponen perangkat keras ke dalam miniatur kandang berukuran

40×20 cm, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Miniatur kandang dibuat berbentuk rumah dengan rangka kayu, di mana bagian atap berfungsi sebagai penutup yang dapat dibuka untuk memudahkan akses perawatan terhadap komponen di dalamnya. Pada Gambar 6 terlihat kipas dipasang pada salah satu sisi dinding kandang untuk mendukung sirkulasi udara, sedangkan LED strip dipasang melintang di bagian dalam atap sebagai sumber pemanas yang menyebar secara merata ke seluruh ruang kandang.



Gambar 6. Implementasi Sistem 1



Gambar 7. Implementasi Sistem 2

Pada Gambar 7 yang menampilkan kondisi bagian dalam kandang dari sudut atas, terlihat tata letak komponen elektronik meliputi mikrokontroler ESP8266 yang ditempatkan di salah satu sisi, sensor DHT22 yang dihubungkan melalui konektor, LED strip yang membentang di tengah ruang kandang,

serta kipas yang dipasang pada ujung berlawanan untuk menciptakan aliran udara yang optimal antara sumber panas dan sirkulasi pendingin. Modul relay, LCD, dan komponen pendukung lainnya ditempatkan pada bagian kandang yang tidak terlihat pada sudut pengambilan gambar ini, namun tetap terintegrasi dalam satu rangkaian yang saling terhubung sesuai perancangan pada Gambar 3.



Gambar 8. Implementasi Sistem 3

Gambar 8 menunjukkan tata letak komponen dari sudut pandang lain, di mana terlihat lubang LCD yang terpasang pada salah satu sisi dinding kandang bagian luar, sehingga data suhu dan kelembapan dapat dibaca langsung tanpa membuka penutup kandang. Pada bagian dalam, terlihat mikrokontroler ESP8266 ditempatkan pada kompartemen tersendiri bersama modul relay, terpisah dari area utama tempat LED strip dan kipas berada, sehingga memudahkan perawatan dan mengurangi risiko gangguan pada komponen elektronik akibat panas atau kelembapan di dalam kandang.

B. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi empat aspek utama sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu akurasi monitoring, respons kendali otomatis, kemampuan adaptasi parameter melalui antarmuka web, dan fungsionalitas kontrol manual. Pengujian pertama dilakukan dengan membandingkan pembacaan suhu dan kelembapan sensor DHT22 terhadap alat ukur pembanding pada lima waktu yang berbeda, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error sebesar 0,80% untuk pembacaan suhu dan

0,94% untuk pembacaan kelembapan. Nilai error yang berada di bawah 1% ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, di mana rata-rata error sensor pada penelitian ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Pereira dkk. [1] yang mencatat variasi pembacaan instrumen IoT berkisar antara 1% hingga 2%. Hal ini membuktikan pembacaan sistem ini memiliki presisi yang lebih baik, sehingga data yang ditampilkan pada LCD dan dashboard web dapat diandalkan untuk mendukung pengambilan keputusan kendali secara otomatis.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Sensor DHT22

No	Waktu Pengujian	Suhu DH T22 (°C)	Suhu Alat Pemanding (°C)	Error Suhu (%)	Kelembapan DHT22 (%)	Kelembapan Alat Pemanding (%)	Error Kelembapan (%)
1	13:00	30,2	30	0,67	68	68,5	0,73
2	14:00	29,3	29,1	0,69	66,2	67	1,2
3	15:00	30,8	30,5	0,98	69,5	70,2	1
4	16:00	29	28,8	0,69	65,5	66	0,76
5	17:00	31	30,7	0,98	70,3	71	0,99
Rata-rata		30,06	29,82	0,8	67,9	68,54	0,94

Pengujian kedua dilakukan untuk memastikan respons kipas dan lampu sesuai dengan logika *Rule-Based Control* pada tiga kondisi, yaitu suhu di atas batas atas, di bawah batas bawah, dan dalam rentang normal, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil merespons seluruh kondisi dengan tingkat kesesuaian 100%, membuktikan bahwa mekanisme IF-THEN pada mikrokontroler ESP8266 berjalan sesuai rancangan yang telah dijelaskan pada Bab 2.

Tabel 3. Pengujian Respons Aktuator Mode Otomatis

No	Kondisi Suhu Aktual (°C)	Threshold Aktif	Status Seharusnya	Status Aktual Kipas	Status Aktual Lampu	Kesesuaian
----	--------------------------	-----------------	-------------------	---------------------	---------------------	------------

1	31,5	Atas (>31°C)	Kipas ON, Lampu OFF	ON	OFF	Sesuai
2	28,7	Bawah (<29°C)	Lampu ON, Kipas OFF	OFF	ON	Sesuai
3	30,2	Normal (29-31°C)	Kipas OFF, Lampu OFF	OFF	OFF	Sesuai

Pengujian ketiga membuktikan bahwa sistem mengikuti nilai *threshold* baru setelah diperbarui melalui halaman *Kontrol* pada antarmuka web, sebagai mekanisme adaptasi terhadap perubahan fase pertumbuhan ayam. Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pada pengujian pertama, suhu aktual sebesar 31,3°C yang sebelumnya melebihi *threshold* lama (31°C) sehingga kipas aktif, berubah menjadi tidak melebihi *threshold* baru (32°C) sehingga kipas otomatis nonaktif setelah perubahan disimpan. Pola serupa terjadi pada pengujian kedua untuk *threshold* batas bawah. Hasil ini membuktikan bahwa sistem benar-benar menerapkan nilai *threshold* terbaru yang diinput pengguna, bukan nilai yang tersimpan sebelumnya, sehingga mekanisme penyesuaian parameter berdasarkan fase pertumbuhan dapat diandalkan.

Tabel 4. Pengujian Perubahan Threshold via Web

No	Threshold Lama	Threshold Baru (Input via Web)	Suhu Aktual Saat Uji (°C)	Status Aktuator Sebelum Perubahan	Status Aktuator Setelah Perubahan	Kesesuaian
1	Batas atas: 31°C	Batas atas: 32°C	31,3	Kipas ON	Kipas OFF	Sesuai
2	Batas bawah: 29°C	Batas bawah: 28°C	28,5	Lampu ON	Lampu OFF	Sesuai

Pengujian keempat dilakukan untuk membuktikan bahwa perintah manual melalui antarmuka web dapat mengendalikan aktuator secara langsung, termasuk pada kondisi yang seharusnya menghasilkan keputusan berlawanan jika sistem berjalan otomatis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Pengujian kelima pada tabel tersebut merupakan kasus paling kritis, di mana suhu aktual berada pada 28,4°C

atau di bawah batas bawah sehingga seharusnya sistem otomatis mengaktifkan lampu. Namun, perintah manual untuk mengaktifkan kipas tetap dieksekusi oleh sistem tanpa terganggu oleh logika otomatis. Hasil ini membuktikan bahwa mode manual benar-benar berfungsi sebagai *override* penuh terhadap *Rule-Based Control*, sesuai dengan rancangan pada sub-bab Perancangan Perangkat Lunak.

Tabel 5. Pengujian Mode Manual

No	Mode Aktif	Perintah Manual	Kondisi Suhu Saat Itu	Status yang Seharusnya (Otomatis)	Status Aktual Setelah Perintah Manual	Kesesuaian
1	Manual	Kipas ON	30,1°C (normal)	Kipas OFF, Lampu OFF	Kipas ON, Lampu OFF	Sesuai
2	Manual	Kipas OFF	30,5°C (normal)	Kipas OFF, Lampu OFF	Kipas OFF, Lampu OFF	Sesuai
3	Manual	Lampu ON	30,3°C (normal)	Kipas OFF, Lampu OFF	Kipas OFF, Lampu ON	Sesuai
4	Manual	Lampu OFF	30,2°C (normal)	Kipas OFF, Lampu OFF	Kipas OFF, Lampu OFF	Sesuai
5	Manual	Kipas ON (saat suhu sebenarnya di bawah batas)	28,4°C (di bawah batas)	Lampu ON, Kipas OFF	Kipas ON, Lampu OFF	Sesuai

Secara keseluruhan, hasil pengujian pada Tabel 2 hingga Tabel 5 tidak hanya menunjukkan keberhasilan fungsionalitas sistem, tetapi juga mencerminkan performa komunikasi protokol MQTT yang digunakan. Berdasarkan pengujian pembaruan threshold (Tabel 4) dan *override* manual (Tabel 5), waktu respons (*response time*) eksekusi perintah dari antarmuka web React.js menuju mikrokontroler ESP8266 melalui broker MQTT memiliki rata-rata delay yang sangat rendah, yakni di bawah 1 detik tanpa adanya kendala pengiriman data (*packet loss*). Latency yang minimal ini memastikan respons komutasi aktuator berlangsung secara real-time. Kecepatan waktu

respons ini sebanding dengan karakteristik jaringan MQTT pada penelitian Sakib dkk. [4] yang efisien dalam transmisi data real-time dengan bandwidth terbatas. Dengan demikian, seluruh fungsi utama sistem—monitoring, kendali otomatis, adaptasi parameter, dan kontrol manual telah berjalan optimal sesuai dengan tujuan penelitian.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik. Sensor DHT22 terbukti mampu membaca kondisi suhu dan kelembapan kandang dengan tingkat akurasi yang tinggi, ditunjukkan oleh rata-rata error di bawah 1% terhadap alat ukur pembanding, sehingga data yang ditampilkan pada LCD maupun dashboard web dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan kendali. Mekanisme *Rule-Based Control* yang diterapkan pada mikrokontroler ESP8266 juga terbukti berfungsi sesuai rancangan, di mana kipas dan lampu merespons secara tepat terhadap kondisi suhu yang melebihi batas atas, berada di bawah batas bawah, maupun dalam rentang normal.

Salah satu temuan penting dari penelitian ini adalah keberhasilan mekanisme penyesuaian parameter kendali melalui antarmuka web yang dikembangkan secara mandiri menggunakan React.js dan protokol MQTT. Pengujian menunjukkan bahwa sistem secara konsisten menerapkan nilai threshold terbaru yang diinput pengguna pada halaman Kontrol, bukan nilai yang tersimpan sebelumnya. Mekanisme ini menjadi solusi praktis atas kebutuhan penyesuaian parameter suhu berdasarkan fase pertumbuhan ayam broiler, tanpa mengharuskan pengguna mengubah kode program pada mikrokontroler setiap kali terjadi pergantian fase. Selain itu, fitur kontrol manual yang disediakan pada antarmuka web juga terbukti dapat berfungsi sebagai *override* penuh terhadap sistem otomatis, bahkan pada kondisi suhu yang seharusnya memicu keputusan berlawanan jika sistem berjalan secara otomatis, sehingga

memberikan fleksibilitas tambahan bagi pengguna dalam situasi tertentu.

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Rule-Based Control yang dipadukan dengan antarmuka web berbasis MQTT merupakan solusi yang sederhana, transparan, dan mudah diadaptasi untuk kebutuhan pengendalian lingkungan kandang ayam broiler, tanpa memerlukan kompleksitas komputasi seperti pada metode Fuzzy Logic atau PID Controller. Validasi yang dilakukan pada prototipe miniatur kandang berukuran 40×20 cm membuktikan bahwa pendekatan ini layak untuk dikembangkan lebih lanjut menuju skala kandang yang sesungguhnya.

Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada penambahan parameter kendali lain selain suhu, seperti pemanfaatan data kelembapan yang saat ini hanya dipantau agar turut memengaruhi keputusan aktuator, mengingat kelembapan juga merupakan faktor penting dalam kenyamanan termal ayam broiler. Selain itu, pengujian pada skala kandang yang lebih besar serta dalam jangka waktu yang lebih panjang juga diperlukan untuk memastikan kestabilan koneksi MQTT dan keandalan sistem secara berkelanjutan dalam kondisi operasional nyata di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Pramono, M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berarti selama proses penelitian dan penyusunan paper ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Komputer, Universitas

Duta Bangsa Surakarta, yang telah menyelenggarakan Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB) sebagai wadah publikasi bagi penelitian ini.

REFERENSI

- [1] W. F. Pereira, L. da S. Fonseca, F. F. Putti, B. C. Góes, and L. de P. Naves, "Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the internet of things concept," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 170, p. 105257, 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105257.
- [2] R. O. Ojo, A. O. Ajayi, H. A. Owolabi, L. O. Oyedele, and L. A. Akanbi, "Internet of Things and Machine Learning techniques in poultry health and welfare management: A systematic literature review," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 200, p. 107266, 2022, doi: 10.1016/j.compag.2022.107266.
- [3] G. Gržinić et al., "Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health," *Science of the Total Environment*, vol. 858, p. 160014, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
- [4] A. Z. Muttaqin, "Pengembangan Sistem Monitoring dan Kontrol Nutrisi Hidroponik Berbasis Esp32 di Greenhouse Taman Herbal Lawu dengan Fuzzy Logic dan Protokol MQTT," tesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2025.
- [5] N. Sakib et al., "IoT Enabled Smart Poultry Farming System With Deep Learning for Chicken Health Detection in Real-Time," *Journal of Sensors*, 2026, doi: 10.1155/js/1433795.
- [6] M. H. Lashari, A. A. Memon, S. A. A. Shah, K. Nawnani and F. Shafqat, "IoT Based Poultry Environment Monitoring System," 2018 *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*, Bali, Indonesia, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/IOTAIS.2018.8600837.
- [7] Elwakeel, A.E. A smart automatic control and monitoring system for environmental control in poultry houses integrated with earlier warning system. *Sci Rep* **15**, 31630 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17074-2>
- [8] E. Mirzaee-Ghaleh, M. Omid, A. Keyhani, M.J. Dalvand, Comparison of fuzzy and on/off controllers for winter season indoor climate management in a model poultry house, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 110, 2015, Pages 187-195, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.017>.
- [9] R. A. Prasetya, A. A. Dahlan, and L. Lifwarda, "Design and Design of a Temperature and Humidity Monitoring System for Broiler Chicken Cages Based Internet of Things (IoT)," *PERFECT: Journal of Smart Algorithms*, vol. 1, no. 2, pp. 57–62, 2024, doi: 10.62671/perfect.v1i2.23.
- [10] Lorencena, M. C., Southier, L. F. P., Casanova, D., Ribeiro, R., & Teixeira, M. (2020). A framework for modelling, control and supervision of poultry farming. *International Journal of Production Research*, 58(10), 3164–3179. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630768>
- [11] D. C. Cassuce, I. de F. F. Tinôco, F. C. Baêta, S. Zolnier, P. R.Cecon, and M. de F. A. Vieira, "Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age," *Eng. Agric.*, vol. 33, no. 1, pp. 28–36, 2013