

Kendali dan *Monitoring* Kondisi Kandang Ayam Berbasis *Fuzzy Logic*

Yuki Novaliandra^{1*}, Wahyu Dirgantara², Rahman Arifuddin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang, Malang

*Penulis Korespondensi, email: yvaliandra@gmail.com

Received: 08/07/2025

Revised: 05/08/2025

Accepted: 06/08/2025

Abstract. *There are two common systems in layer chicken farming: open housing and closed housing. This study focuses on the closed housing system, which offers better control over environmental conditions. Layer chickens require specific environmental parameters to achieve optimal egg production, such as temperature between 20–25°C, humidity levels ranging from 60% to 80%, and ammonia concentrations maintained below 20 ppm. This research aims to develop an automated system for monitoring and controlling poultry house conditions using the Internet of Things (IoT) and fuzzy logic. The system design involves three main components: input (data collected from the environment), process (decision-making using the Sugeno fuzzy logic method, chosen for its continuous output and elimination of the need for defuzzification), and output (responses from actuators based on processed input data). System testing demonstrated that the device can operate automatically based on readings from DHT22, MQ135, and load cell sensors. For instance, when the temperature reached 31°C, fan 1 was activated for 15 seconds; at 63% humidity, the heater was on for 10 seconds; with 19 ppm ammonia, fan 2 operated for 10 seconds; and with 120 grams of waste detected, the conveyor motor ran for 15 seconds.*

Keywords: *Fuzzy logic, Internet of things, ESP32, Firebase*

Abstrak. Terdapat dua jenis sistem pemeliharaan ayam petelur, yaitu kandang terbuka dan kandang tertutup. Pada penelitian ini digunakan sistem kandang tertutup yang memiliki keunggulan dalam mengontrol kondisi lingkungan. Ayam petelur memerlukan suhu ideal antara 20–25°C, kelembaban optimal dalam kisaran 60–80%, serta kadar amonia yang dijaga di bawah 20 ppm agar produktivitas dan kesehatannya tetap terjaga. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem otomatis untuk pemantauan dan pengendalian kondisi kandang ayam berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pendekatan logika *fuzzy*. Sistem dirancang menggunakan tiga komponen utama: *input* berupa data dari lingkungan kandang, proses pengambilan keputusan menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno yang dipilih karena mampu menghasilkan keluaran kontinu tanpa memerlukan proses defuzzifikasi, serta *output* berupa aksi dari aktuator berdasarkan hasil pengolahan data. Pengujian sistem menunjukkan bahwa perangkat dapat bekerja secara otomatis dengan membaca data dari sensor DHT22, MQ135, dan *load cell*. Sebagai contoh, pada suhu 31°C kipas 1 aktif selama 15 detik, kelembaban 63% memicu pemanas aktif selama 10 detik, kadar amonia 19 ppm mengaktifkan kipas 2 selama 10 detik, dan berat 120 gram menyebabkan motor konveyor menyala selama 15 detik.

Kata Kunci: *Fuzzy logic, Internet of things, ESP32, Firebase*

I. PENDAHULUAN

Artikel Industri peternakan ayam petelur memiliki kontribusi penting dalam penyediaan sumber protein hewani bagi masyarakat Indonesia. Meskipun demikian, peternak kerap menghadapi tantangan dalam menjaga kestabilan kondisi lingkungan kandang secara konsisten. Berdasarkan sejumlah penelitian, fluktuasi parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas amonia diketahui dapat menyebabkan penurunan produktivitas telur hingga 30%. Suhu ideal untuk ayam petelur berkisar antara 20–25°C [1],

sementara suhu di atas 26°C berpotensi menimbulkan stres panas. Selain itu, tingkat kelembaban harus dijaga dalam rentang 60–80% [2], dan kadar amonia sebaiknya tidak melebihi 20 ppm untuk mencegah gangguan pada sistem pernapasan ayam [3].

Pengendalian kondisi lingkungan kandang yang masih dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan. Pertama, adanya jeda waktu yang cukup panjang antara pengukuran, biasanya setiap 4–6 jam, sehingga potensi keterlambatan dalam merespons perubahan lingkungan cukup tinggi [4].

Kedua, keputusan yang diambil biasanya didasarkan pada intuisi dan pengalaman peternak, yang tidak selalu akurat. Ketiga, kurangnya pencatatan data historis menghambat evaluasi serta peningkatan sistem secara berkelanjutan. Meskipun telah ada penelitian sebelumnya yang mengembangkan sistem otomatis berbasis pengendali PID atau teknologi IoT sederhana, peningkatan dari segi akurasi serta keterpaduan sistem masih menjadi ruang pengembangan yang signifikan [5].

Penelitian ini menawarkan pendekatan komprehensif dengan menggabungkan teknologi *Internet of Things* dan metode *fuzzy logic* sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut. Beberapa inovasi utama diusung dalam sistem ini. Pertama, penggunaan logika *fuzzy* untuk menangani ketidakpastian serta hubungan kompleks antar variabel lingkungan. Kedua, penerapan sistem pembersih kotoran otomatis yang diaktifkan berdasarkan data dari sensor beban (*load cell*), khususnya saat terjadi penumpukan kotoran atau peningkatan kadar amonia. Ketiga, pemanfaatan platform *Firebase* untuk memungkinkan pemantauan kondisi kandang secara *real-time* dari jarak jauh. Sistem ini dirancang untuk diimplementasikan pada kandang semi-tertutup, menyesuaikan dengan perkembangan desain kandang modern di Indonesia.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang sistem kendali otomatis guna menjaga stabilitas kondisi lingkungan kandang, mengimplementasikan algoritma *fuzzy logic* sebagai dasar pengambilan keputusan, membangun sistem monitoring berbasis IoT dengan antarmuka pengguna yang mudah digunakan, serta menguji dan mengevaluasi performa sistem melalui simulasi maupun pengujian langsung di lapangan. Diharapkan, sistem ini dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi serta meringankan beban kerja peternak secara signifikan.

II. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tahapan studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta

pengujian sistem. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi dari jurnal dan buku terkait kandang ayam petelur, IoT, dan *fuzzy logic*.

A. Cara Kerja Sistem

Perancangan perangkat keras mencakup pemasangan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban, sensor MQ-135 untuk kadar gas amonia, serta sensor *load cell* untuk mendeteksi akumulasi kotoran ayam [6]. Data dari sensor akan diolah oleh ESP32 yang juga mengatur aktuatur berupa kipas, pemanas, dan motor penggerak konveyor. Sistem kontrol berbasis logika *fuzzy* tipe Sugeno digunakan untuk menentukan aksi berdasarkan nilai suhu, kelembaban, amonia, dan berat kotoran. Hasil keputusan *fuzzy* akan mengatur level kecepatan kipas, intensitas pemanas, dan aktivasi motor pembersih. Pemantauan dilakukan secara *real-time* melalui koneksi ESP32 ke *Firebase* [7]. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kondisi lingkungan yang berbeda dan mencatat *respons* sistem terhadap perubahan tersebut.

B. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, sistem dirancang dengan mengacu pada tiga jenis variabel utama, yaitu variabel *input*, proses, dan *output*. Variabel *input* merupakan data awal yang diperoleh dari lingkungan kandang ayam dan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan sistem secara otomatis. Terdapat empat parameter *input* utama, yaitu suhu dan kelembaban yang dibaca oleh sensor DHT22, kadar gas amonia yang terdeteksi oleh sensor MQ-135, serta berat kotoran ayam yang diukur menggunakan sensor *load cell*. Sensor DHT22 menghasilkan dua jenis data sekaligus, yaitu suhu dalam satuan derajat *Celsius* (°C) dan kelembaban relatif dalam persen (%RH). Sementara itu, sensor MQ-135 digunakan untuk mengestimasi kadar amonia di udara dalam satuan *part per million* (ppm), dan *load cell* digunakan untuk mengukur berat akumulasi kotoran ayam di dalam kandang dalam satuan gram [8].

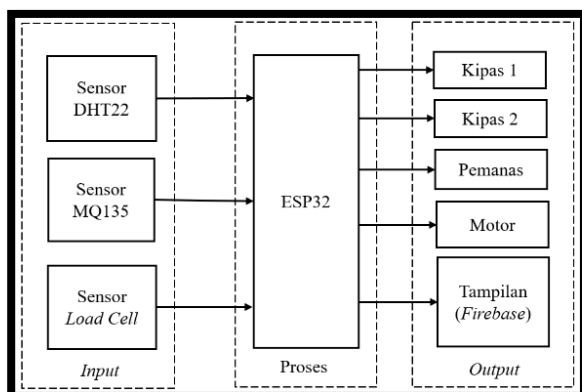
Variabel proses dalam sistem ini berupa tahapan pengambilan keputusan yang mengandalkan

metode *fuzzy logic*. Metode ini berfungsi untuk mengolah data *input* dan menentukan respon yang paling sesuai terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Selanjutnya, variabel *output* merujuk pada tindakan atau respon yang diberikan oleh sistem melalui perangkat aktuator, berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan logika *fuzzy* atau logika konvensional. *Output* sistem meliputi empat aktuator utama, yaitu kipas 1, kipas 2, pemanas, dan motor konveyor untuk membersihkan kotoran. Aktivasi masing-masing aktuator ditentukan oleh durasi waktu yang dihasilkan dari proses *fuzzy logic*. Sebagai ilustrasi, jika suhu kandang tinggi dan kadar amonia melebihi batas aman, sistem secara otomatis akan mengaktifkan kipas dalam jangka waktu tertentu untuk membantu menurunkan suhu dan mengurangi konsentrasi gas berbahaya. Begitu pula dengan pemanas dan motor konveyor, yang akan bekerja dalam waktu tertentu berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi. Melalui integrasi ketiga variabel ini, sistem mampu beroperasi secara otomatis untuk menjaga kestabilan dan kenyamanan lingkungan kandang ayam.

C. Blok Diagram

Berikut merupakan blok diagram yang menjelaskan prinsip kerja system pengkondisi kandang:



Gambar 1. Tampilan Blok Diagram

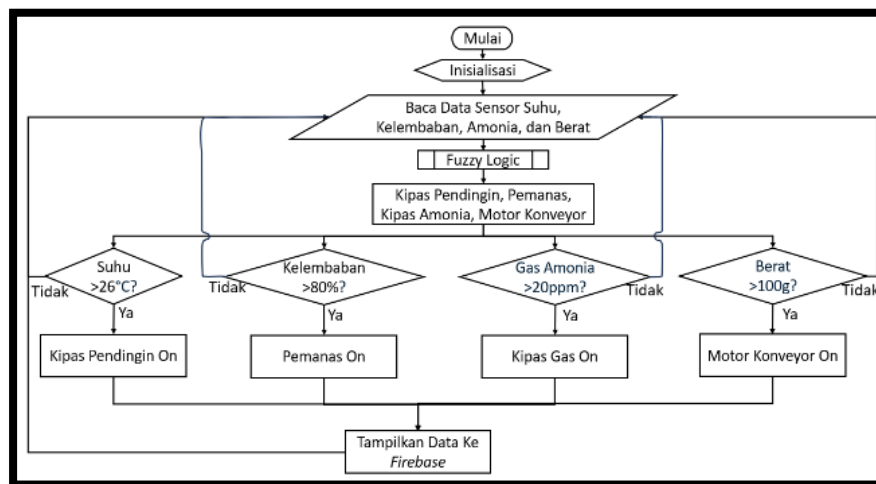
Dalam sistem yang dirancang, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali utama yang mengatur seluruh perangkat elektronik yang terhubung. Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara di dalam kandang ayam, dan data yang dihasilkan dikirimkan ke ESP32 untuk diproses. Selain itu, sensor MQ-135 dimanfaatkan untuk mengukur konsentrasi gas amonia di udara kandang, yang hasilnya juga digunakan sebagai dasar dalam pengendalian kondisi lingkungan. Berdasarkan informasi dari kedua sensor tersebut, kipas 1 diaktifkan untuk menurunkan suhu, sedangkan kipas 2 digunakan untuk membuang udara dengan kadar amonia tinggi keluar dari kandang. Jika kelembaban terdeteksi berada di atas batas minimal, pemanas akan diaktifkan secara otomatis guna menjaga kestabilan suhu di dalam kandang.

Sensor *load cell* digunakan untuk mengukur berat kotoran ayam dengan cara mengubah tekanan menjadi sinyal listrik. Ketika berat kotoran melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor akan memberikan sinyal ke ESP32 untuk mengaktifkan sistem pembersih otomatis. Sistem ini menggunakan motor DC gearbox yang berfungsi menggerakkan roller konveyor untuk membawa kotoran keluar dari kandang secara otomatis.

Untuk mendukung sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT), ESP32 juga berperan sebagai modul komunikasi yang terhubung dengan jaringan *WiFi*. Dengan demikian, data sensor dapat dikirimkan secara *real-time* ke *Firebase* sebagai platform penyimpanan dan tampilan data, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan kandang secara *online* kapan saja dan di mana saja.

D. Flowchart

Untuk menggambarkan langkah kerja suatu program atau sistem dirancanglah *flowchart* yang dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Proses kerja sistem diawali dengan tahap mulai saat perangkat pertama kali dinyalakan dan mulai menjalankan seluruh rangkaian otomatisasi. Langkah pertama yang dilakukan adalah inisialisasi, yaitu pemberian nilai awal pada variabel-variabel penting yang dibutuhkan agar sistem dapat beroperasi dengan baik. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem melanjutkan ke tahap pembacaan data dari sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban, MQ135 untuk membaca kadar gas amonia, dan *load cell* untuk membaca berat kotoran ayam di dalam kandang.

Selanjutnya hasil dari pembacaan sensor akan dilakukan proses *fuzzyfikasi* untuk menentukan nilai sesuai parameter yang telah ditentukan dan dilakukan *defuzzyfikasi* untuk mengendalikan *output* berupa Kipas Pendingin, Pemanas, Kipas Amonia, dan Motor Konveyor. Selanjutnya berdasarkan data yang diperoleh, sistem akan melakukan serangkaian pemeriksaan kondisi. Pertama, sistem mengecek apakah suhu udara melebihi 26°C. Jika ya, maka kipas pendingin (kipas 1) akan diaktifkan untuk menurunkan suhu. Jika suhu masih dalam batas normal, sistem akan kembali pada pembacaan sensor. Selanjutnya, sistem memeriksa kelembaban udara, jika nilainya lebih dari 80%, maka pemanas akan dinyalakan untuk menjaga kestabilan kelembaban. Jika tidak, proses kembali ke tahap pembacaan sensor. Kemudian, sistem membaca kadar gas amonia di udara. Jika konsentrasi gas tersebut melebihi 20

ppm, maka kipas gas (kipas 2) akan dinyalakan untuk membuang udara yang mengandung amonia tinggi. Jika tidak, sistem akan kembali pada pembacaan sensor. Berikutnya sistem membaca berat kotoran yang tertampung. Jika berat yang terdeteksi melebihi 100 gram, maka motor konveyor akan aktif untuk membersihkan kotoran. Jika tidak, sistem akan kembali pada pembacaan sensor.

Setelah semua pemeriksaan dan aksi kendali dilakukan, hasil pengukuran dari suhu, kelembaban, gas amonia, dan berat akan dikirimkan ke *platform Firebase* untuk disimpan dan dapat diakses secara *online*. Setelah pengiriman data selesai, sistem akan kembali ke tahap pembacaan sensor dan terus memantau kondisi kandang secara berkelanjutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

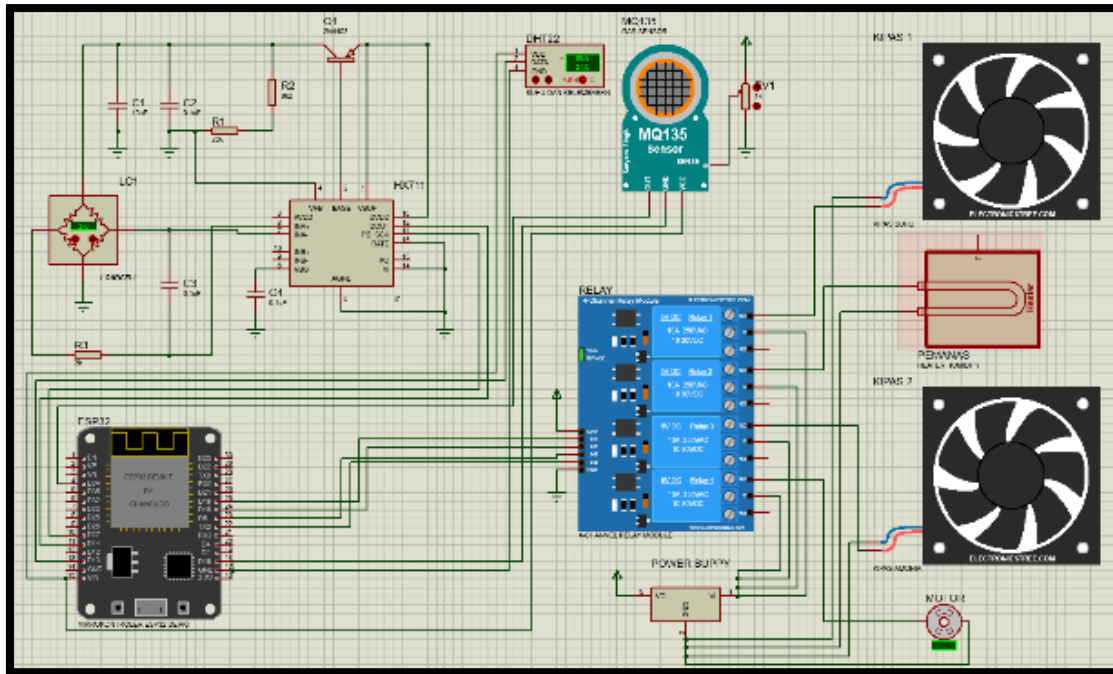
Pengujian sistem dilakukan dengan mensimulasikan berbagai kondisi lingkungan kandang ayam petelur untuk mengamati *respons* dari masing-masing aktuator [9]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan parameter lingkungan secara akurat dan *merespons* dengan tindakan yang sesuai.

A. Desain Alat

Perancangan sistem dimulai dengan merancang diagram blok dan integrasi perangkat keras. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu ESP32 sebagai mikrokontroler pusat, sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, sensor MQ-135

untuk mendeteksi kadar gas amonia, dan *load cell* untuk mengukur berat kotoran ayam. Aktuator yang digunakan meliputi dua kipas, satu pemanas, dan satu motor DC gearbox yang menggerakkan konveyor pembersih kotoran.

Seluruh komponen dihubungkan ke ESP32 melalui *input/output* digital dan analog, serta menggunakan catu daya eksternal untuk motor. ESP32 juga terhubung ke jaringan *WiFi* untuk mengirimkan data ke *Firestore* secara *real-time*.

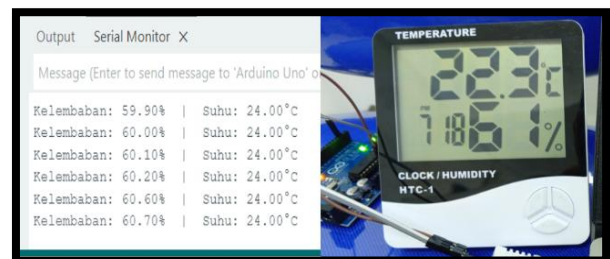


Gambar 3. Skema Rangkaian

Untuk mempermudah dalam memahami rangkaian, dapat dilihat pada gambar 3. Dalam rangkaian tersebut sensor DHT22, MQ135, dan *load cell* dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 untuk mengukur suhu, kelembaban, gas amonia, dan berat yang kemudian digunakan untuk mengendalikan *output* berupa kipas 1, pemanas, kipas 2 dan motor.

B. Pengukuran

Pengujian sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban dan alat ukur pembandingnya adalah *hygometer*. Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan menggunakan sensor DHT22. Sensor ini memiliki dua *output*, yaitu suhu dalam satuan derajat *Celsius* (°C) dan kelembaban dalam persen kelembaban relatif (%RH). Berikut pengukuran yang dilakukan:



Gambar 4. Kalibrasi Sensor DHT22 dengan *Hygometer*

Pengujian pada serial monitor didapati hasil rata-rata pengukuran kelembaban adalah 60.20% dan suhu rata-rata 24°C. Sedangkan pada *hygometer* menunjukkan kelembaban 61% dan suhu 22.3°C dalam satu kali pengujian.

Tabel 1. Data Pengukuran Kelembaban

No	DHT22 Kelembaban (%)	Hygometer Kelembaban (%)	Error Kelembaban (%)
1	60.20	61.00	1.31
2	62.20	63.00	1.27
3	65.40	66.00	0.91
4	67.80	68.00	0.29
5	69.70	70.00	0.43

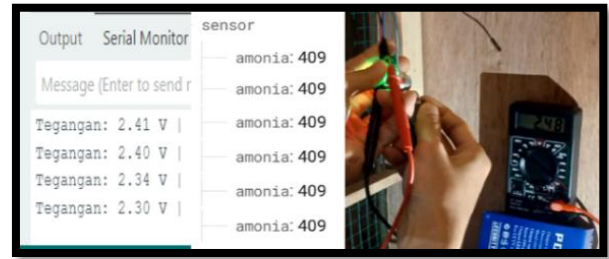
Pembacaan kelembaban pada tabel dapat dilihat jika pada awal percobaan nilai yang ditunjukkan sensor DHT22 menunjukkan angka 60.20% dan pada *hygometer* menunjukkan angka 61% yang menunjukkan minimnya nilai *error* sebesar 1.31%. Selanjutnya adalah data dari pengukuran suhu.

Tabel 2. Data Pengukuran Suhu

No	DHT22 Suhu (°C)	Hygometer Suhu (°C)	Error Suhu (%)
1	24.00	22.30	7.62
2	25.30	23.50	7.66
3	27.10	25.40	6.69
4	28.50	26.40	7.95
5	29.30	27.70	5.78

Pada tabel dapat dilihat jika pada awal percobaan nilai yang ditunjukkan sensor DHT22 menunjukkan angka 24°C dan pada *hygometer* menunjukkan angka 22.30°C yang menunjukkan nilai *error* sebesar 7.62°C. *error* cukup besar dinilai wajar karena pada bagian kelembaban didapati nilai *error* yang relatif kecil yaitu sebesar 1.31%. Dari data tersebut dilakukan beberapa kali pengujian untuk melihat rata-rata nilai *error* yang mungkin terjadi, dan didapati hasil nilai rata-rata *error* adalah sebesar 7.14°C [10].

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia di dalam kandang. Dikarenakan keterbatasan pada alat uji untuk mengukur kadar gas amonia, pengujian sensor MQ135 dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran pada *pin out* saat diberi level gas amonia yang berbeda. Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan resistansi terhadap gas yang terdeteksi, kemudian dikonversi menjadi sinyal analog yang dibaca oleh ADC pada ESP32. Pembacaan kadar amonia ditampilkan dalam satuan ppm (*parts per million*). Berikut pengukuran yang telah dilakukan.



Gambar 5. Pengukuran Tegangan Sensor MQ135

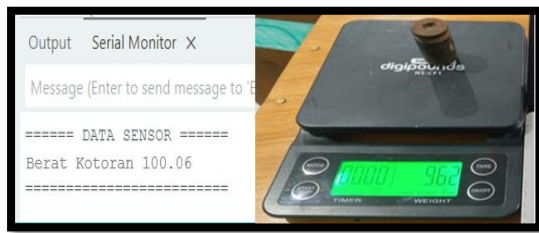
Dapat dilihat pada pengujian tegangan, saat sensor MQ135 diberi gas amonia secara maksimal didapati hasil nilai tegangan yang meningkat pada 2.41 volt dengan level kadar gas amonia menyentuh nilai 409ppm. Berikut data dari hasil percobaan saat sensor diberi kadar amonia yang berbeda-beda.

Tabel 3. Data Pengukuran Tegangan MQ135

No	MQ135	
	Amonia (Ppm)	Tegangan (Volt)
1	8	0.06
2	320	2.32
3	350	2.36
4	360	2.47
5	409	2.41

Pada tabel dapat dilihat saat sensor MQ135 diberi kadar amonia sebesar 320ppm, terjadi kenaikan tegangan sebesar 2.32V. Karena keterbatasan alat, pengukuran *error* terhadap nilai acuan tidak dapat dilakukan secara kuantitatif. Namun, hasil menunjukkan konsistensi perubahan nilai sensor yang merepresentasikan adanya peningkatan dan penurunan kadar gas [11].

Untuk mengukur berat kotoran ayam yang terakumulasi, digunakan sensor *load cell* dengan kapasitas maksimal 1 kg. Sensor ini dipasang di bawah wadah penampung kotoran (sabuk konveyor) dan bekerja dengan mengubah tekanan mekanis menjadi sinyal listrik kecil, yang kemudian diperkuat oleh modul HX711 sebelum dikirim ke ESP32. Pembacaan berat dilakukan dalam satuan gram (g), dan sistem akan memicu motor konveyor jika berat kotoran melebihi ambang batas 100 gram. Berikut pengukuran yang telah dilakukan dengan perbandingan alat ukur berupa timbangan digital.



Gambar 6. Kalibrasi Sensor *Load cell* Dengan Timbangan Digital

Berdasarkan gambar hasil pengujian, sensor *load cell* menunjukkan pembacaan berat kotoran sebesar 100,06 gram melalui Serial Monitor, sedangkan hasil pengukuran menggunakan timbangan digital menunjukkan nilai sebesar 96,2 gram dalam satu kali pengukuran.

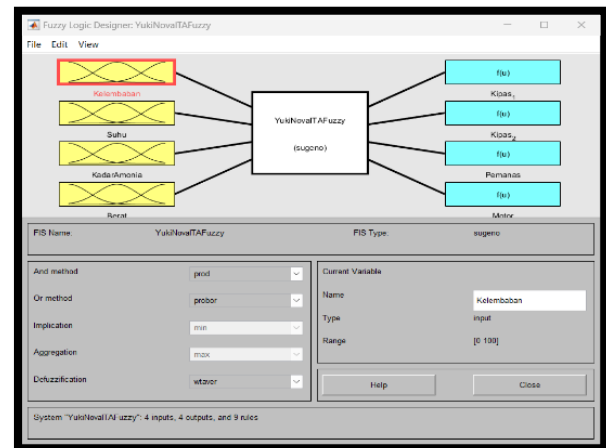
Tabel 4. Data Pengukuran Berat

No	Berat Beban (Gram)		Error (%)
	<i>Load cell</i>	Timbangan Digital	
1	50.03	48.20	3.85
2	100.06	96.20	4.07
3	150.18	144.40	4.00
4	208.24	200.00	4.12
5	260.30	248.20	4.86

Pembacaan berat pada tabel dapat dilihat jika pada awal percobaan nilai yang ditunjukkan sensor *load cell* menunjukkan angka 50.03 gram dan pada timbangan menunjukkan angka 48.20 gram yang menunjukkan nilai *error* sebesar 3.85%. Dari data tersebut dilakukan beberapa kali pengujian untuk melihat rata-rata nilai *error* yang mungkin terjadi, dan didapatkan hasil nilai rata-rata *error* adalah sebesar 4.18% [12].

C. Pembuatan Fuzzy dan Simulink

Pengujian perancangan logika *fuzzy* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan MATLAB dengan pendekatan *fuzzy logic* tipe Sugeno.



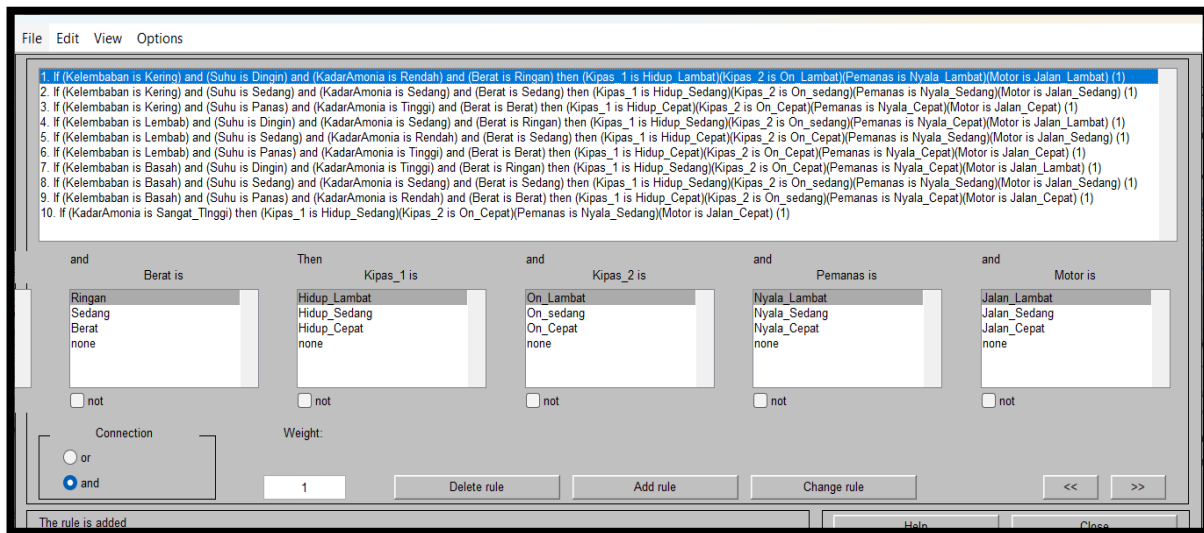
Gambar 7. Membership Function Fuzzy

Sistem diberikan empat variabel *input*, yaitu kelembaban dengan kategori kering, lembab, dan basah; suhu dengan kategori dingin, sedang, dan panas; kadar gas amonia dengan kategori rendah, sedang, dan tinggi; serta berat kotoran yang diukur melalui sensor *load cell* dengan kategori ringan, sedang, dan berat. Masing-masing kategori direpresentasikan menggunakan fungsi keanggotaan (*membership function*) dengan rentang tertentu. Pemberian data masukan pada aturan *fuzzy* dilakukan melalui fitur *Edit > Rules* dalam *Membership Function Editor* pada MATLAB. Pada tahap ini, pengguna memasukkan aturan-aturan *fuzzy* (rules) berdasarkan kombinasi nilai linguistik dari variabel *input* dan *output*

Tabel 5. Rules Fuzzy

No.	Suhu	Kelembaban	Kadar Amonia	Load Cell	Kipas 1	Pemanas	Kipas 2	Motor
1	Dingin	Kering	Rendah	Ringan	off	Off	Off	off
2	Sedang	Kering	Sedang	Sedang	Sedang	Off	Sedang	Sedang
3	Dingin	Lembab	Tinggi	Berat	Cepat	Sedang	Cepat	Cepat
4	Panas	Lembab	Sedang	Ringan	Cepat	Sedang	Sedang	Off
5	Sedang	Lembab	Rendah	Berat	Sedang	Sedang	Off	Cepat
6	Sedang	Lembab	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Cepat
7	Panas	Lembab	Tinggi	Berat	Cepat	Sedang	Cepat	Cepat
8	Sedang	Lembab	Tinggi	Berat	Sedang	Sedang	Cepat	Cepat
9	Sedang	Basah	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Cepat	Cepat	Cepat
10	Panas	Basah	Rendah	Sedang	Cepat	Cepat	Off	Sedang

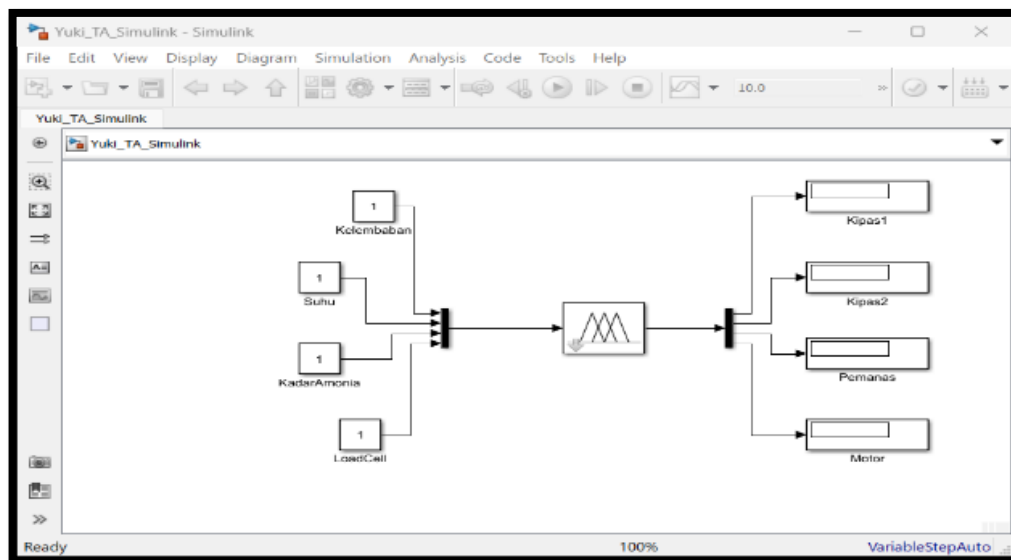
Antarmuka *Rules Editor* memungkinkan pengguna menetapkan logika kendali yang akan digunakan sistem



Gambar 8. Rules Editor Fuzzy

Pemberian data masukan pada aturan *fuzzy* dilakukan melalui fitur *Edit > Rules* dalam *Membership Function Editor* pada MATLAB. Pada tahap ini, pengguna memasukkan aturan-aturan *fuzzy (rules)* berdasarkan kombinasi nilai linguistik dari variabel *input* dan *output*. Antarmuka *Rules Editor* memungkinkan pengguna menetapkan logika kendali yang akan digunakan sistem. Pada

penelitian ini jumlah rules yang dipakai berjumlah 10. Namun, perlu diperhatikan bahwa aturan yang bersifat duplikat atau berulang tidak disarankan untuk dimasukkan, karena dapat meningkatkan beban kerja sistem dan berisiko menyebabkan MATLAB mengalami gangguan atau crash. Setelah dilakukan pembuatan *rules* pada *rules editor* dilanjutkan dengan pembuatan *simulink*, sebagai berikut:



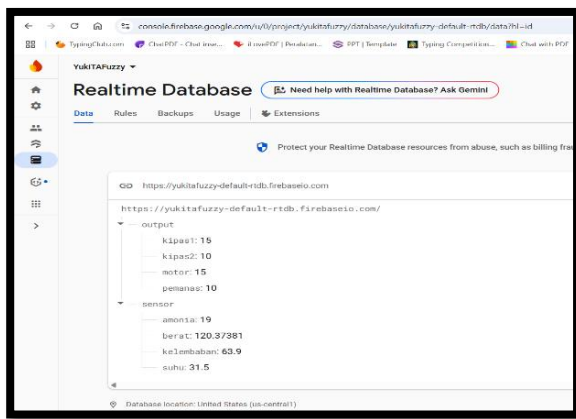
Gambar 9. Tampilan Simulink

Pembuatan jumlah *input* dan *output* harus disesuaikan dengan *rules fuzzy* yang telah dibuat, setelah itu dilanjutkan dengan mengeksport file *membership function fuzzy* ke dalam *file workspace*

dan dimasukkan ke dalam komponen *fuzzy logic controller*, dan *Simulink*.

D. Percobaan Alat

Pada tahap pengujian alat, sistem dijalankan dalam kondisi operasional untuk mengamati *respons* perangkat terhadap perubahan suatu kondisi. Setelah sensor membaca data suhu, kelembaban, kadar gas amonia, dan berat kotoran secara *real-time*, hasil pengukuran tersebut dikirimkan secara otomatis ke *Firestore Realtime Database* melalui koneksi *WiFi* yang terintegrasi dalam modul ESP32.



Gambar 10. Tampilan *Website* Saat Sistem Dijalankan

Data yang telah tersimpan kemudian ditampilkan pada antarmuka *website Firebase*, yang menunjukkan nilai aktual dari masing-masing parameter dalam bentuk angka [13]. Setelah dilakukan percobaan, didapati data hasil penelitian yang dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Data Hasil Pengujian

No	DHT22		Kipas1 (Detik)	Pemanas (Detik)	MQ135 Amonia (ppm)	Kipas2 (Detik)	Load cell Berat (gram)	Motor (Detik)
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)						
1	22	56	10	5	10	0	25	5
2	25	62	10	10	15	0	60	10
3	27	62	10	10	19	10	60	10
4	27	61	10	10	50	15	60	10
5	28	62	10	10	190	15	150	15
6	25	60	10	5	340	15	10	15
7	26	61	10	10	300	15	120	15
8	28	63	10	10	320	15	10	15
9	31	63	15	10	19	10	120	15
10	30	63	15	10	420	15	50	15

Dalam penelitian ini dilakukan 10 kali pengujian untuk melihat apakah sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai *rules* yang diberikan, dan didapati hasil yang dapat dilihat pada tabel 6.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem otomatis untuk pengendalian dan pemantauan lingkungan kandang ayam petelur berbasis IoT dan *fuzzy logic* tipe Sugeno. Sistem menggunakan sensor DHT22, MQ135, dan *load cell* sebagai *input*, serta menghasilkan *output* berupa durasi aktif aktuator. Mengacu pada tabel 6, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi: pada suhu 31°C, kipas 1 menyala selama 15 detik; pada kelembaban 63%, pemanas aktif selama 10 detik; kadar amonia 19 ppm mengaktifkan kipas 2 selama 10 detik; dan berat kotoran 120 gram mengaktifkan motor konveyor selama 15 detik. Seluruh data dikirim ke *Firestore* secara *real-time* untuk kemudahan monitoring. Sistem ini terbukti mampu memberikan *respons* otomatis yang akurat dan efisien terhadap perubahan lingkungan, serta berpotensi meningkatkan kenyamanan dan produktivitas ayam petelur.

REFERENSI

- [1] D. L. Rahakbauw, A. Afriananda, and H. W. M. Patty, "Perbandingan Logika Fuzzy Metode Sugeno dan Metode Mamdani Untuk Deteksi Dini Penyakit Stroke," *Tensor: Pure and Applied Mathematics Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 11–22, Jun. 2022, doi: 10.30598/tensorvol3iss1pp11-22.
- [2] A. P. Prabowo, Sahara, Z. Azijah, M. Probokawuryan, and I. Budiman, "Factors Affecting the Adoption of record keeping in Koperasi Cianjur Utara," *JURNAL EKONOMI DAN KEBIJAKAN PEMBANGUNAN*, vol. 11, no. 2, pp. 146–160, Dec. 2022, doi: 10.29244/jekp.11.2.2022.146-160.
- [3] Marenda Julian Wibowo, Erna Indriastiningsih, and Anita Oktaviana Trisna Devi, "Pemeliharaan Ayam Broiler Kandang Closed House dengan Sistem Koloni," *Student Research Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 196–203, Jan. 2024, doi: 10.55606/srjyappi.v2i1.1022.
- [4] M. Fathoni, "Optimasi Sistem Kontrol PID untuk Perangkat IoT Berdaya Rendah."

- [5] B. G. Caesario, E. Setiawan, and R. Primananda, "Sistem Pengendalian Suhu pada Kandang Ayam Broiler menggunakan PID Controller," 2023. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] M. PenggorengEva Damayanti, A. Saptaji, E. Damayanti, T. Otomasi, and P. TEDC Bandung, "Penerapan *Load cell* Pada PENERAPAN *LOAD CELL* PADA MESIN PENGGORENG KERUPUK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO & PLC," 2024.
- [7] E. A. W. Sanad, "Pemanfaatan Realtime Database di *Platform* Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 22, no. 1, pp. 20–26, May 2019, doi: 10.25042/jpe.052018.04.
- [8] R. Arifuddin *et al.*, "Baby Room Temperature and Humidity Control System Using Fuzzy Logic," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, pp. 275–280, Nov. 2024, doi: 10.23917/emitor.v24i3.6403.
- [9] N. Muhammad Naser, T. Rumiyan, 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 Broiler Cage Management in Karya Mandiri Farm Coop, Trimulyo Village, Tegineneng District, Pesawaran Regency."
- [10] H. Yoal, W. Dirgantara, and S. Subairi, "Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penetas Telur Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis IoT," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 176–183, Oct. 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i2.356.
- [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," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [12] Z. Arifin, M. Zaenudin, and Y. Saleh, "PERANCANGAN KONTROLER PADA KONVEYOR PENDETEKSI BERAT MENGGUNAKAN *LOAD CELL* BERBASIS PLC."
- [13] C. Yohanes Oraplean, J. Dedy Irawan, and D. Rudhistiar, "IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA SISTEM MONITORING SUHU TERNAK AYAM PETELUR BERBASIS WEB," 2021.