

IMPLEMENTASI METODE FUZZY UNTUK KONTROL SUHU PADA PENETAS TELUR BEBEK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Ahrudin Yusuf

akhrudin.yusuf045@gmail.com

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Hadi Sucipto

hadisucipto@unhasy.ac.id

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Abstract *This study develops an automatic duck egg incubator based on the Internet of Things (IoT) that applies Mamdani fuzzy logic as an incubator temperature control method. The system consists of a DHT11 sensor, a NodeMCU ESP8266 microcontroller, and a Blynk application for real-time temperature and humidity monitoring. The fuzzy logic process includes fuzzification stages, inference using IF-THEN rules, and defuzzification using the centroid method. Testing was carried out to see the temperature stability and accuracy of the system. The results showed that the incubator temperature was successfully maintained in the range of 37°C–39°C and humidity 55%–60%. Accuracy analysis using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) produced a value of 0.578%, indicating that the system has very high accuracy. This system is expected to help farmers in increasing the effectiveness and efficiency of the egg hatching process.*

Keywords: Fuzzy Mamdani, IoT, NodeMCU, Egg Incubator, DHT11, Blynk, Temperature Control.

Abstrak Penelitian ini mengembangkan alat penetas telur bebek otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang menerapkan logika fuzzy Mamdani sebagai metode kontrol suhu inkubator. Sistem terdiri dari sensor DHT11, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, serta aplikasi Blynk untuk pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time. Proses logika fuzzy meliputi tahapan fuzzifikasi, inferensi menggunakan aturan IF-THEN, dan defuzzifikasi metode centroid. Pengujian dilakukan untuk melihat kestabilan suhu dan akurasi sistem. Hasil menunjukkan bahwa suhu inkubator berhasil dijaga dalam rentang 37°C–39°C dan kelembaban 55%–60%. Analisis akurasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menghasilkan nilai 0,578%, menandakan sistem memiliki akurasi sangat tinggi. Sistem ini diharapkan dapat membantu peternak dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses penetasan telur.

Kata Kunci: Fuzzy Mamdani, IoT, NodeMCU, Penetas Telur, DHT11, Blynk, Kontrol Suhu.

PENDAHULUAN

Sektor peternakan memiliki peran vital dalam mendukung perekonomian masyarakat Indonesia, khususnya di wilayah pedesaan. Sebagai salah satu pendorong utama pembangunan daerah, peternakan berkontribusi besar terhadap penyediaan sumber pangan hewani. Seiring meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan masyarakat terhadap protein hewani—seperti daging unggas dan telur—juga semakin tinggi. Hal ini memberikan peluang besar bagi peternak untuk meningkatkan produktivitasnya, terutama dalam pembibitan unggas. Salah satu upaya yang dilakukan adalah meningkatkan efektivitas penetasan telur bebek guna menjaga ketersediaan telur konsumsi (Kinnasih & Dzulkifli, 2022).

Salah satu kendala dalam proses penetasan telur secara alami adalah terbatasnya kemampuan pengendalian suhu induk bebek, serta ketergantungan pada kestabilan suhu dan kelembaban. Penetasan telur bebek idealnya memerlukan suhu berkisar antara 37°C hingga 39°C dengan kelembaban relatif antara 55% hingga 60%. Ketidaksihesuaian kondisi

ini dapat memperlambat perkembangan embrio dan berdampak negatif terhadap tingkat keberhasilan penetasan (Herlina, 2024).

Sebagai solusi, penggunaan alat penetas otomatis menjadi alternatif yang lebih efisien. Meskipun banyak tersedia di pasaran, sebagian besar masih menggunakan kontrol suhu semi-otomatis, yang membutuhkan pengaturan manual secara terus-menerus. Hal ini mendorong perlunya pengembangan sistem penetas yang sepenuhnya otomatis, salah satunya melalui integrasi teknologi Internet of Things (IoT) sebagai sistem pemantauan dan pengendalian suhu (Mukramin, 2024).

Penelitian ini berupaya menghadirkan inovasi dengan merancang alat penetas telur otomatis yang dikendalikan melalui metode logika fuzzy Mamdani. Sistem ini dilengkapi sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembaban secara kontinu. Elemen pemanas dikendalikan secara adaptif melalui prinsip logika fuzzy, guna menjaga kondisi lingkungan inkubasi tetap stabil (Abdillah, 2024). Inisiatif ini sangat relevan bagi peternak di daerah pedesaan seperti Kecamatan Balongbendo, Kabupaten Sidoarjo, yang memerlukan solusi praktis untuk meningkatkan produktivitas penetasan seiring meningkatnya permintaan akan protein hewani.

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatis berbasis logika fuzzy dan teknologi IoT sangat efektif dalam meningkatkan keberhasilan penetasan telur unggas. Penelitian oleh Suharto, dkk. (2020) merancang mesin penetas telur otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang dilengkapi sensor DHT11, lampu pijar sebagai pemanas, dan humidifier untuk pengatur kelembaban. Sistem ini mampu menjaga suhu pada rentang 37–39°C dan kelembaban 55–60%, menghasilkan tingkat penetasan hingga 90%.

Sementara itu, penelitian oleh Maulana Abdillah, dkk. (2024) mengembangkan sistem penetas telur berbasis logika fuzzy untuk pengendalian suhu dan kelembaban secara lebih presisi. Sistem menggunakan sensor DHT11 dan mikrokontroler Arduino yang dikombinasikan dengan metode fuzzy Mamdani. Elemen pemanas dikontrol melalui dimmer agar respons sistem terhadap perubahan lingkungan lebih adaptif dan stabil. Hasilnya, sistem ini menunjukkan efisiensi penetasan yang lebih tinggi dibanding sistem konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem penetas telur bebek otomatis yang mampu mengontrol suhu dan kelembaban secara real-time menggunakan metode logika fuzzy dan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dapat memberikan informasi kondisi inkubator melalui smartphone sehingga memudahkan pemantauan jarak jauh bagi pengguna. Penelitian dilakukan di peternakan bebek yang terletak di Kecamatan Balongbendo, Kabupaten Sidoarjo, selama periode Februari hingga April 2024.

Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa sistem, mulai dari identifikasi kebutuhan perangkat keras dan lunak, perancangan, hingga pengujian dan evaluasi sistem. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan meliputi:

1. **Identifikasi Masalah :** Menelaah permasalahan yang dihadapi peternak dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses penetasan telur.
2. **Studi Literatur :** Mengkaji teori dan hasil penelitian terdahulu terkait penggunaan logika fuzzy dan IoT dalam sistem inkubator otomatis.
3. **Pengumpulan Data :**
 - a. *Primer* : Observasi langsung terhadap kondisi lingkungan inkubator dan proses penetasan di lapangan.
 - b. *Sekunder* : Referensi dari jurnal, artikel ilmiah, buku, dan dokumentasi teknis terkait teknologi fuzzy dan IoT.
4. **Perancangan Sistem :** Tahap ini mencakup penyusunan diagram blok, pemrograman mikrokontroler NodeMCU ESP8266, serta integrasi dengan aplikasi Blynk. Sistem dikembangkan untuk membaca suhu dan kelembaban melalui sensor DHT11, dan mengontrol pemanas (lampu pijar) secara otomatis menggunakan prinsip fuzzy Mamdani.
5. **Implementasi dan Pengujian Sistem :** Sistem diuji menggunakan metode prototipe, dengan pengamatan langsung terhadap respons alat terhadap perubahan suhu dan kelembaban. Output sistem dibandingkan dengan nilai standar untuk menilai keakuratan dan efektivitas kontrol suhu.

Adapun komponen sistem yang di gunakan :

- a. **Perangkat Keras :** NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, relay, lampu pijar, LCD I2C, kotak inkubator.
- b. **Perangkat Lunak :** Arduino IDE, aplikasi Blynk (untuk pemantauan dan kontrol dari smartphone).

Tahapan Pengambilan Keputusan dengan Logika Fuzzy Mamdani:

1. Fuzzifikasi : Mengubah nilai suhu dan kelembaban dari bentuk crisp menjadi fuzzy.
2. Penerapan Aturan Fuzzy : Menggunakan rule base IF-THEN dengan metode implikasi MIN.
3. Komposisi Aturan : Menggabungkan hasil implikasi menggunakan metode agregasi MAX.
4. Defuzzifikasi : Mengubah hasil fuzzy ke nilai tegas (crisp) menggunakan metode Centroid.

Simulasi dan Perhitungan:

Sebagai contoh, jika suhu terdeteksi 38°C dan kelembaban 57,5%, maka akan dihitung derajat keanggotaan masing-masing variabel fuzzy. Output berupa intensitas lampu dihitung melalui proses defuzzifikasi menggunakan rumus:

$$Z = \frac{\sum (\mu(x) \cdot x)}{\sum \mu(x)}$$

Misalnya, dengan derajat keanggotaan:

- a. Lampu Nyala Terang: $\mu = 0.4$
- b. Lampu Redup: $\mu = 0.6$
- c. Lampu Mati: $\mu = 0.0$

Maka nilai crisp output $Z = 0.7 \rightarrow$ yang berarti intensitas lampu menyala 70% dari maksimum.

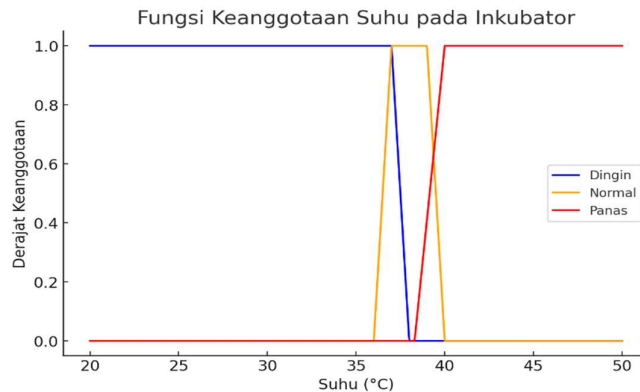
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, sistem kendali otomatis suhu dan kelembaban untuk penetasan telur bebek dirancang menggunakan sensor DHT11 yang terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk. Sistem ini mampu melakukan pemantauan dan pengendalian suhu secara jarak jauh menggunakan koneksi internet.

Sistem bekerja berdasarkan metode fuzzy Mamdani, dimulai dari tahapan fuzzifikasi terhadap data suhu dan kelembaban, penerapan aturan fuzzy, komposisi aturan, hingga defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Sebagai contoh input, suhu 38°C dan kelembaban 57,5% menghasilkan derajat keanggotaan fuzzy yang menentukan intensitas nyala lampu pemanas inkubator secara otomatis.

1. Variabel Fuzzy Suhu

Variable nilai suhu dibagi menjadi 3, yaitu : dingin ($20^{\circ} - 38^{\circ}\text{C}$), normal ($37^{\circ} - 39^{\circ}\text{C}$), panas ($38,3^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$)



Fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut :

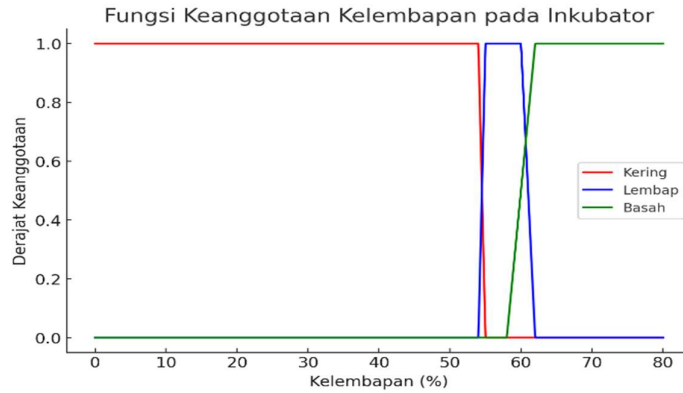
$$\mu_{\text{dingin}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 37 \\ \frac{38-x}{38-37}, & 37 < x < 38 \\ 0, & x \geq 38 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 36 \text{ atau } x > 40 \\ \frac{x-36}{37-36}, & 36 \leq x < 37 \\ 1, & 37 \leq x \leq 39 \\ \frac{40-x}{40-39}, & 39 < x \leq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{panas}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 38.3 \\ \frac{x-38.3}{40-38.3}, & 38.3 < x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}$$

2. Variabel Fuzzy Kelembaban

Variable nilai kelembapan pada inkubator dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: kering (0 – 54%), lembap (55 – 60%), basah (58 – 80%)



Fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\text{kering}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 54 \\ \frac{55-x}{55-54}, & 54 < x < 55 \\ 0, & x \geq 55 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{lembap}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 54 \text{ atau } x > 62 \\ \frac{x-54}{55-54}, & 54 \leq x < 55 \\ 1, & 55 \leq x \leq 60 \\ \frac{62-x}{62-60}, & 60 < x \leq 62 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{lembap}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 54 \text{ atau } x > 62 \\ \frac{x-54}{55-54}, & 54 \leq x < 55 \\ 1, & 55 \leq x \leq 60 \\ \frac{62-x}{62-60}, & 60 < x \leq 62 \end{cases}$$

3. Proses Fuzzy Mamdani

- Fuzzifikasi : Mengubah nilai suhu dan kelembaban menjadi fuzzy set.
- Implikasi (MIN) : Menggunakan aturan fuzzy seperti "Jika suhu dingin dan kelembaban kering, maka lampu menyala terang."
- Agregasi (MAX) : Menggabungkan semua hasil implikasi.
- Defuzzifikasi (Centroid) :

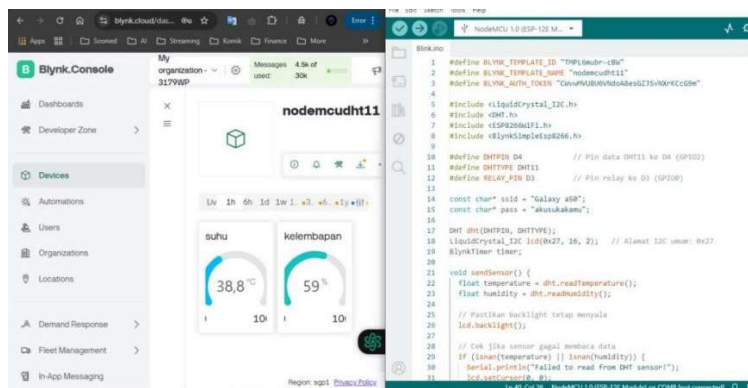
$$Z = \frac{\sum(\mu(x) \cdot x)}{\sum \mu(x)}$$

Contoh hasil :

- a) Nyala Terang: $\mu = 0.4$
- b) Redup: $\mu = 0.6$
- c) Mati: $\mu = 0.0$ Hasil defuzzifikasi: $Z = 0.7$, menunjukkan intensitas lampu sekitar 70%.

Implementasi Sistem

Sistem telah diuji melalui aplikasi Blynk yang menunjukkan status online NodeMCU, dengan konfigurasi ID Blynk, SSID WiFi, dan token autentikasi. Perintah dikirim melalui jaringan internet ke mikrokontroler untuk memantau suhu dan mengatur lampu secara otomatis. Perangkat keras seperti kerangka inkubator, lampu pemanas, nampan air, sensor, dan relay telah dirakit ke dalam satu unit prototipe skala kecil.



Gambar 1 Internet of Things (IoT)



Gambar 2 Alat Penetas Telur Finish



Gambar 3 Letak Sensor dan Lampu



Gambar 4 Tampilan Blynk dan Arduino IDE

Pengujian Sistem

Sistem diuji untuk merespons perubahan suhu sebagai berikut :

1. 30–37°C membutuhkan waktu 10 menit (lampu menyala)
2. 37–39°C membutuhkan waktu 4 menit (lampu tetap menyala)
3. 39°C menyebabkan lampu mati otomatis dan akan menyala lagi saat suhu <37°C

Tabel 1 Pengujian Suhu

Waktu	Suhu	Durasi	Hasil
Jam 10.51-11.01	30°C-37°C	10 menit	Lampu nyala saat mencapai suhu 37°C
Jam 11.00-11.01	36°C-37°C	1 menit	Lampu nyala saat mencapai suhu 37°C
Jam 11.01-11.04	37°C-39°C	4 menit	Lampu nyala
Jam 11.04-11.06	39 °C-36,9°C	2 menit	Lampu mati saat suhu >39 °C
Jam 14.21-14.32	30°C-37°C	10 menit	Lampu nyala saat mencapai suhu 37°C
Jam 14.31-14.32	36°C-37°C	1 menit	Lampu nyala saat mencapai suhu 37°C
Jam 14.32-14.36	37°C-39°C	4 menit	Lampu nyala
Jam 14.36-14.38	39 °C-36,9°C	2 menit	Lampu mati saat suhu >39 °C

Evaluasi Akurasi Sistem (Mape)

Untuk menilai keakuratan sistem, dilakukan perhitungan MAPE berdasarkan selisih antara suhu target dan aktual :

Tabel 2 Data Suhu Aktual dan Target

No	Suhu Target (°C)	Suhu Aktual (°C)	Selisih	Error (%)
1	38	37.8	0.2	0.53
2	38	38.1	0.1	0.26
3	38	38.4	0.4	1.05
4	38	37.6	0.4	1.05
5	38	38.0	0.0	0.00

Perhitungan :

$$\text{MAPE} = (0.53\% + 0.26\% + 1.05\% + 1.05\% + 0.00\%) / 5 = 0.578\%$$

Kesimpulan : Sistem memiliki akurasi sangat tinggi dengan nilai MAPE 0.578%, menunjukkan efektivitas metode fuzzy Mamdani dalam menjaga suhu inkubator secara presisi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengontrol suhu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode logika fuzzy Mamdani berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembaban, NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, serta aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh melalui smartphone.

Metode fuzzy Mamdani yang digunakan, meliputi proses fuzzifikasi, penerapan aturan, agregasi, dan defuzzifikasi (centroid), terbukti efektif dalam menjaga suhu inkubator dalam kisaran ideal yaitu 37°C–39°C dan kelembaban 55%–60%. Akurasi sistem yang diuji melalui perhitungan MAPE menunjukkan nilai sebesar 0.578%, yang menandakan sistem memiliki keakuratan sangat tinggi. Sistem ini juga telah berhasil mempertahankan tingkat keberhasilan penetasan telur bebek hingga 90% dari total 30 butir telur yang diuji.

Dengan hasil ini, sistem yang dirancang memberikan solusi praktis dan efisien untuk peternak bebek dalam menjaga kondisi inkubasi optimal secara otomatis dan dapat dipantau secara real-time.

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa hal yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Menambahkan fitur kamera pemantau berbasis IoT untuk memantau perkembangan telur secara visual.
2. Menggunakan sensor suhu dan kelembaban dengan presisi lebih tinggi guna meningkatkan akurasi pembacaan data.
3. Mengintegrasikan sistem dengan platform IoT alternatif seperti Firebase atau MQTT untuk koneksi yang lebih stabil dan responsif.
4. Menguji sistem dalam skala yang lebih besar agar dapat diketahui performanya pada kondisi penetasan massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusumadewi, S. (2004). Fuzzy Logic: Teori dan Aplikasi. Graha Ilmu.
- Maulana Abdillah, Budi Darmawan, & Syafaruddin. (2024). Rancang Bangun Penetas Telur Otomatis dengan Metode Kontrol Berbasis Logika Fuzzy. JOURNAL ZETROEM, Vol. 6, No. 1, pp. 32–36.
- Pramit Dutta & Nafisa Anjum. (2022). Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System. International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST).
- Suharto, dkk. (2020). Teknologi Penetas Telur Itik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. Jurnal Sains dan Teknologi ISTP.
- Widya Arini Selti Lestari & Tanhella Zein Vitadiar. (2024). Sistem Keamanan Pintu Pagar Menggunakan Fingerprint dan Alarm dengan Notifikasi Telegram Berbasis IoT. Jurnal Teknologi Informasi.