

ANALISIS KINERJA FUZZY LOGIC DALAM SISTEM PENETASAN TELUR OTOMATIS DENGAN FITUR MONITORING BERBASIS TELEGRAM BOT

Rifqi Fahrudin¹, Ridho Taufiq Subagio² Petrus Sokibi³
Zainal Arifin Hasibuan⁴, Bobi Kurniawan⁵, Sri Supatmi⁶

Doktoral Sistem Informasi, FPS, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipatiukur No. 112–114, Kota Bandung, Jawa Barat

e-mail: rifqi.75725010@mahasiswa.unikom.ac.id¹, ridho.75725019@mahasiswa.unikom.ac.id²,
petrus.7572011@mahasiswa.unikom.ac.id³, zhasibua@email.unikom.ac.id⁴, bobi@email.unikom.ac.id⁵,
sri.supatmi@email.unikom.ac.id⁶

Abstrak

Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor utama yang menentukan keberhasilan penetasan telur. Berdasarkan referensi, temperatur optimal dalam mesin tetas yaitu 35-39°C dan kelembaban optimal yaitu 40%- 56%RH. Namun kebanyakan mesin penetas telur konvensional yang ada dipasaran hanya memperhitungkan satu faktor saja yaitu temperatur. Untuk itulah digunakan system fuzzy logic control agar kestabilan suhu dapat terjaga. Dengan menggunakan nodemcu sebagai pengontrolan utama, hasil pembacaan sensor akan diproses sesuai dengan Algoritma Fuzzy Logic yang telah ditanamkan dalam minimum sistem. Lalu akan disesuaikan dengan Set Point yang telah ditetapkan. Output dari alat berupa sinyal digital yang akan mengontrol elemen fan cooler berupa kipas 5V DC. Logika fuzzy akan berjalan sesuai suhu ruangan jika suhu didalam ruangan lebih dari 39°C kipas akan berjalan sesuai output dari fuzzy rulebase. Jika suhu melebihi setting point yaitu 37-39°C maka lampu pijar akan mati, dan akan menyala kembali jika suhu kurang dari 38°C. Dalam hal ini semua aktivitas dalam ruangan penetas telur dalam di monitoring melalui telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali logika fuzzy berbasis parameter suhu dan kelembaban mampu menghasilkan keluaran yang presisi. Sebagai contoh, pada kondisi suhu 32°C dan kelembaban 60%, sistem secara otomatis mengaktifkan lampu dan mengatur kecepatan kipas sebesar 50% (Level 1) untuk menjaga stabilitas kondisi ruangan.

Kata kunci: fuzzy logic control, suhu, kelembaban, NodeMCU, Telegram.

Abstract

Temperature and humidity are the two primary factors determining the success of egg hatching. Based on references, the optimal temperature inside an incubator is 35–39°C and the optimal humidity is 40%–56%RH. However, most conventional egg incubators available in the market only account for a single factor, namely temperature. To address this limitation, a Fuzzy Logic Control (FLC) system is employed to maintain temperature stability. Utilizing a NodeMCU as the main controller, sensor readings are processed according to the Fuzzy Logic Algorithm embedded within the minimum system. The output is then adjusted based on the established Set Point. The system's output is a digital signal that controls a cooling element, specifically a 5V DC fan. The fuzzy logic operates based on the ambient room temperature: if the temperature inside the room exceeds 39°C, the fan activates according to the output derived from the Fuzzy Rulebase. Furthermore, if the temperature surpasses the set point, which is 37–39°C, the incandescent lamp will turn off and will switch back on if the temperature drops below 38°C. All activities within the egg incubator chamber are monitored remotely via Telegram. The test results indicate that the fuzzy logic control system based on temperature and humidity parameters is capable of producing precise outputs. For instance, at a temperature of 32°C and 60% humidity, the system automatically activates the lights and adjusts the fan speed to 50% (Level 1) to maintain stable room conditions.

Keywords: Fuzzy Logic Control, Temperature, Relative Humidity, NodeMCU, Telegram..

1. PENDAHULUAN

Daging puyuh merupakan produk daging yang sedang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Daging puyuh meskipun sumber produksinya belum terlalu besar, akan tetapi pada saat sekarang ini banyak peternakan yang mulai mengembangkan budidaya puyuh dan memberikan kontribusi dalam pemenuhan produksi daging untuk mencukupi kebutuhan pangan masyarakat, Burung puyuh

menghasilkan satu telur dengan waktu satu hari biasanya sudah bertelur pada sore hari dan paling lama malam hari. kebutuhan masyarakat terus meningkat maka diperlukan sebuah alat Inkubator penetasan burung puyuh agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus meningkat.[1]

Inkubator adalah alat yang dipanasi dengan aliran listrik pada suhu tertentu yang dipakai untuk mengerami telur, mikroba dan menghangatkan bayi yang lahir prematur. Dalam inkubator tersebut terdapat lampu yang di pakai untuk menghangatkan telur sehingga telur dapat menetas dengan kualitas baik dan hanya lampu pijar, keuntungan penetasan telur menggunakan mesin tetas dibandingkan dengan penetasan alami [2]. Persentase keberhasilan telur yang menetas lebih besar dibandingkan dengan pengeraman alami. Melalui proses pengeraman alami, telur yang menetas hanya 50-60% beda halnya dengan menggunakan alat inkubator yang memiliki presentasi lebih tinggi dibandingkan dengan proses pengeraman alami. Kunci keberhasilan menggunakan sistem penetasan menggunakan inkubator terdapat dua parameter yang penting untuk menjaga kualitas suhu dan kelembapan pada ruangan inkubator, peternak harus mengetahui suhu dan kelembapan didalam ruang inkubator dan juga menjaga suhu serta kelembapan agar nilai suhu terjaga di 35° C - 39° C dan kelembapan terjaga di 40%-56% Relative Humidity [3].

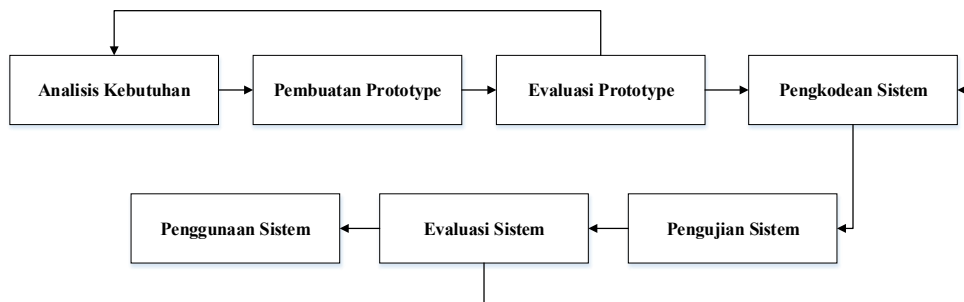
Dengan terdapatnya masalah tersebut maka penulis akan membuat sistem untuk memecahkan permasalahan tersebut dengan memanfaatkan IoT(Internet of Things) yang didalamnya terdapat Fuzzy Logic. NodeMCU sebagai controller yang terhubung dengan sensor DHT22 yang berfungsi mengetahui nilai suhu dan kelembapan, jika nilai suhu di atas yang sudah ditentukan maka kipas akan menyala agar suhu didalam inkubator terjaga di suhu 35° C - 39° C dan jika nilai kelembapan kurang dari nilai yang sudah ditentukan maka lampu akan menyala agar nilai kelembapan terjaga, penerapan metode fuzzy logic disini untuk mengatur kecepatan kipas bekerja, nilai – nilai yang diperoleh sensor DHT22 dapat dipantau melalui aplikasi Telegram Bot dengan cara meng-input perintah [4]. Berbeda dengan metode kontrol konvensional (ON/OFF) yang menyebabkan fluktuasi suhu tajam akibat siklus aktif-mati yang kaku, Logika Fuzzy memungkinkan pengaturan output yang lebih halus dan gradual (*smooth*). Pada inkubasi telur puyuh, stabilitas suhu sangat krusial karena ukuran telur yang kecil membuatnya lebih cepat kehilangan atau menyerap panas. Logika Fuzzy mampu menyesuaikan kecepatan kipas atau daya lampu secara proporsional sesuai dengan derajat keanggotaan variabel input, sehingga meminimalisir risiko kegagalan penetasan akibat deviasi suhu yang berlebihan [5].

Kelebihan menggunakan metode fuzzy logic ini dapat menyelesaikan permasalahan di dunia nyata yang kebanyakan nilai bukan biner dan bersifat non linier sehingga fuzzy logic cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Fuzzy dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan, seperti misalnya “suhu ruangan yang nyaman” [3]. Pemakaian fungsi keanggotaan memungkinkan fuzzy logic untuk melakukan observasi obyektif terhadap nilai-nilai yang bersifat subyektif. Selanjutnya fungsi keanggotaan ini dapat dikombinasikan untuk membuat pengungkapan konsep yang lebih jelas, kekurangan dari metode ini yaitu saat jumlah dari nilai linguistik yang digunakan harus sesuai dengan permasalahan yang akan kita selesaikan dan menentukan batasan nilai linguistik akan sangat berpengaruh pada akurasi fuzzy logic [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan penulis dalam mewujudkan prototype ini mengikuti model prototype yaitu yang terdiri dari 7 tahapan yaitu analisis kebutuhan, pembuatan prototype, evaluasi prototype, pengkodean sistem, pengujian sistem, evaluasi sistem dan penggunaan sistem. Adapun uraian mengenai model prototype sebagai berikut :



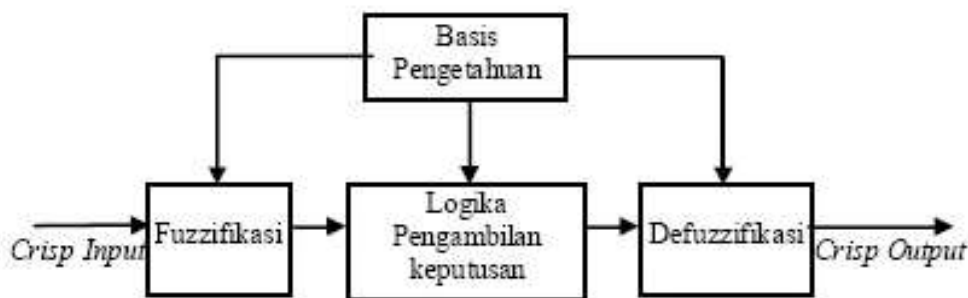
Gambar 1. Prosedur Penelitian [7]

2.2. Metode Pengolahan Data

Pengertian fuzzy logic atau biasa kita kenal “Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika fuzzy (fuzzy logic) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem fuzzy, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika fuzzy, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya. Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya” [8].

Pemilihan metode Fuzzy Sugeno dalam penelitian ini didasarkan pada efisiensi kinerjanya saat dijalankan pada mikrokontroler NodeMCU. Dibandingkan dengan metode Mamdani yang memerlukan perhitungan matematika rumit (integral), Sugeno menggunakan perhitungan rata-rata terbobot yang jauh lebih ringan dan cepat. Hal ini sangat penting agar NodeMCU tidak mengalami *delay* saat memproses data suhu dan kelembapan secara *real-time*. Selain itu, keluaran dari metode Sugeno berupa angka pasti (konstanta), sehingga lebih mudah dikonversi menjadi sinyal PWM untuk mengatur kecepatan kipas dan terang lampu secara presisi. [9]

Secara umum sistem fuzzy logic melakukan 3 tahapan untuk melakukan penalaran atau penyelesaian masalah :



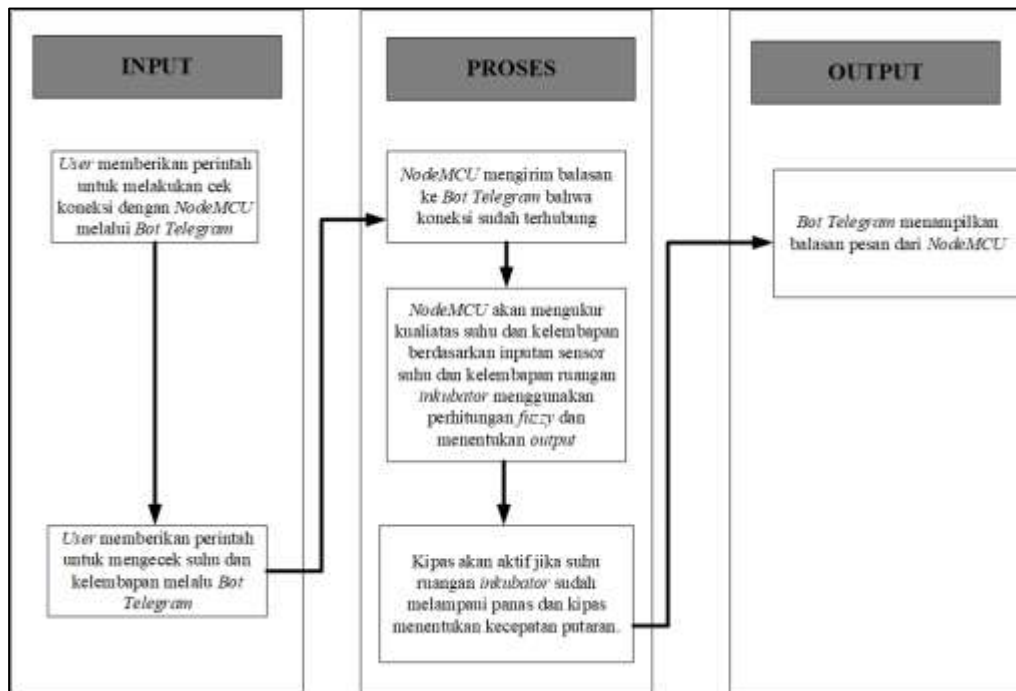
Gambar 2. Tahapan Fuzzy Logic [10]

Keterangan :

1. Fuzifikasi
Merupakan proses yang dipergunakan untuk mengubah data masukan tegas (crisp) kedalam bentuk derajat keanggotaan.
2. Logika Pengambilan Keputusan
Merupakan proses yang dipergunakan untuk mengkombinasi aturan-aturan yang terdapat pada basis aturan kedalam suatu pemetaan dari suatu himpunan fuzzy input ke suatu himpunan fuzzy output.
3. Defuzzifikasi
Merupakan proses terakhir dalam suatu sistem logika fuzzy dimana tujuannya adalah mengkonversi setiap hasil dari inference engine yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set ke suatu bilangan real.

2.3. Kerangka Sistem

Adapun kerangka sistem dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan diagram sebagai berikut :



Gambar 3. Kerangka Sistem [6]

Sistem ini terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu Input, Proses, dan Output:

1. Input: *User* memberikan perintah melalui *Bot Telegram* untuk melakukan cek koneksi dengan *NodeMCU* atau mengecek kondisi suhu dan kelembapan secara *real-time*.
2. Proses:
 - a. *NodeMCU* mengirimkan balasan konfirmasi koneksi ke *Bot Telegram*.
 - b. *NodeMCU* mengukur kualitas suhu dan kelembapan menggunakan input dari sensor di dalam ruang inkubator, kemudian memproses data tersebut menggunakan perhitungan logika fuzzy untuk menentukan aksi selanjutnya.
 - c. Jika suhu ruangan telah melampaui batas panas, kipas akan aktif secara otomatis dengan kecepatan putaran yang ditentukan oleh hasil perhitungan fuzzy tersebut.
3. Output: *Bot Telegram* menampilkan pesan balasan dari *NodeMCU* yang berisi informasi status koneksi serta data suhu dan kelembapan terkini kepada *user*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah sistem untuk menjaga kualitas suhu dan kelembapan pada ruang inkubator penetasan telur puyuh yang dapat berjalan otomatis dengan menggunakan logika fuzzy dan dapat dimonitoring melalui aplikasi telegram.

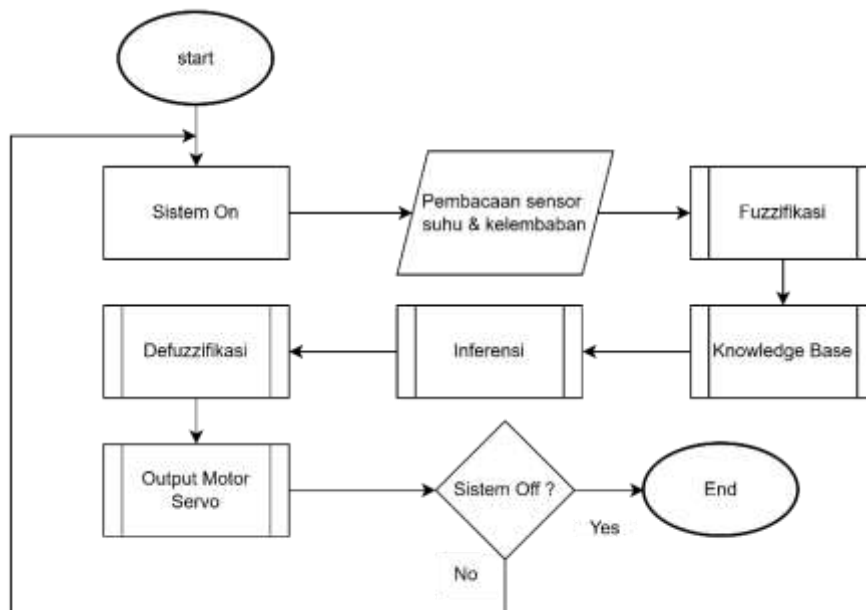
3.1. Analisis Sistem

Analisis sistem adalah penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan, kesempatan, hambatan yang terjadi dan kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikan-perbaikan. Dapat disimpulkan bahwa analisa masalah adalah tahapan penelitian terhadap sistem yang berjalan dan bertujuan untuk mengetahui segala permasalahan yang terjadi, serta memudahkan dalam menjalankan tahapan selanjutnya yaitu tahap perancangan sistem. Dalam hal ini penulis membagi analisa ke dalam beberapa tahap, yaitu :

1. Analisa Masalah.
2. Analisa Kebutuhan Perangkat Keras.
3. Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak.

3.2 Analisa Metode Fuzzy

Analisa metode fuzzy menjelaskan bagaimana proses perhitungan fuzzy terjadi. Adapun tahap-tahap implementasi logika fuzzy pada penelitian ini adalah fuzzifikasi, basis aturan (knowledge base), inferensi, dan defuzzifikasi. Pada implementasi logika fuzzy ini metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode sugeno. Dalam metode fuzzy menunjukkan bahwa proses pada control fuzzy memiliki fungsi yang saling terhubung dengan proses lain sehingga dapat dihasilkan input dari proses sebelumnya sampai output akhir sistem.



Gambar 4. Analisa Fuzzy - Suhu dan Kelembaban [11]

Alur kerja sistem kendali otomatis ini mengikuti tahapan standar algoritma Fuzzy Logic untuk mengatur output motor servo berdasarkan kondisi lingkungan:

1. Start & Pembacaan Sensor: Sistem dimulai (Start) dengan mengaktifkan seluruh perangkat (Sistem On). Sensor kemudian melakukan pembacaan data suhu dan kelembaban di dalam inkubator secara *real-time*.
2. Fuzzifikasi: Data numerik (data "tegas") dari sensor diubah menjadi variabel linguistik (seperti Dingin, Normal, atau Panas) menggunakan fungsi keanggotaan.
3. Knowledge Base & Inferensi:
 - a. Knowledge Base: Berisi aturan-aturan (*rules*) yang telah ditetapkan (contoh: jika suhu panas dan kelembaban rendah, maka kipas berputar cepat).
 - b. Inferensi: Sistem memproses input yang sudah difuzzifikasi berdasarkan aturan-aturan yang ada di *Knowledge Base* untuk menentukan keputusan logika.
4. Defuzzifikasi: Hasil keputusan logika yang masih berbentuk fuzzy diubah kembali menjadi nilai numerik yang dapat dimengerti oleh perangkat keras (aktuator).
5. Output Motor Servo: Nilai hasil defuzzifikasi dikirimkan ke Motor Servo (sebagai aktuator) untuk melakukan tindakan fisik, seperti membuka/menutup ventilasi atau menggerakkan komponen mekanik sesuai kebutuhan sistem.
6. Looping & End: Sistem akan mengecek apakah ada perintah untuk berhenti (sistem off?). Jika tidak (No), alur akan kembali ke tahap pembacaan sensor untuk pemantauan terus-menerus. Jika ya (Yes), maka proses berakhir (End).

3.2.1. Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai tegas kedalam fungsi keanggotaan fuzzy, nilai yang didapat akan diproses dan dicocokkan dengan fungsi keanggotaan masing-masing input. pada tahap perancangan telah dibuat fungsi keanggotaan variable suhu inkubator dan variable kelembapan. Pada kualitas suhu dan kelembapan fuzzifikasi akan mengolah data dari inputan sensor suhu yang berfungsi pengukuran suhu di dalam Inkubator berfungsi untuk menstabilkan kualitas suhu dan kelembapan. Pada inputan variabel suhu menggunakan 3 himpunan linguistik yaitu Lembab, Normal, dan Panas. Adapun proses fungsi keanggotaan suhu akan dijelaskan pada gambar 5.

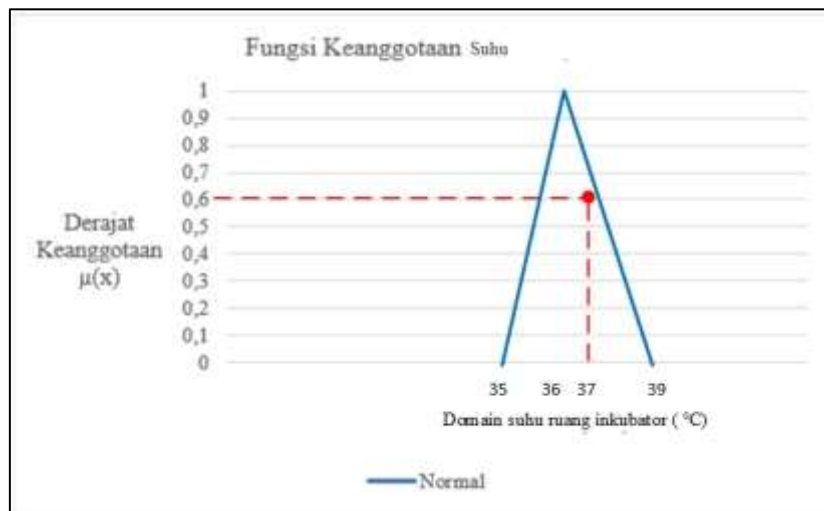
3.2.1.1 Kenali Kualitas Suhu dan Kelembaban

1. Variabel Suhu



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu Inkubator Telur [1]

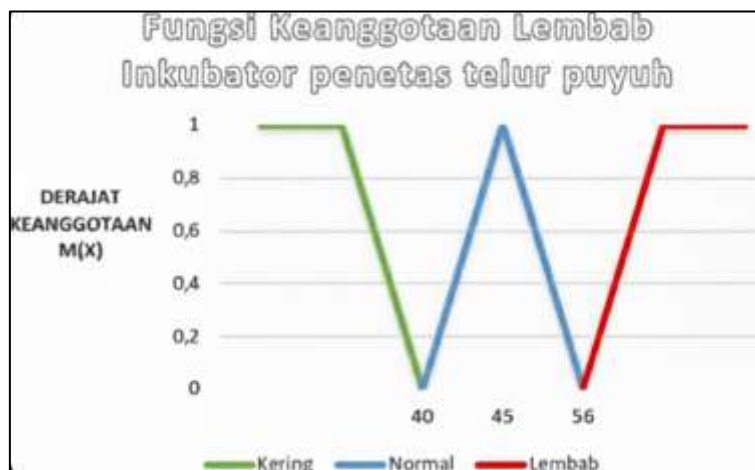
Misalnya pada sensor suhu dipeloh nilai tegas (crisp) sebesar 37°C, maka nilai keanggotaan fuzzy pada variabel suhu dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Fuzzifikasi Suhu Inkubator Telur [1]

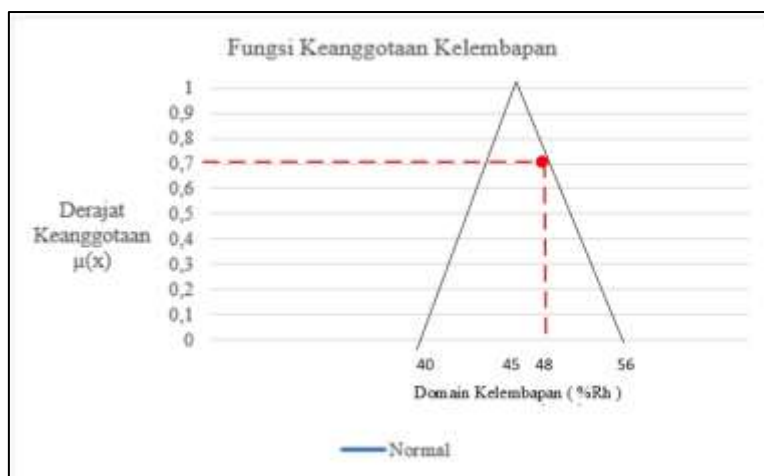
2. Variabel Kelembaban

Pada inputan variabel suhu menggunakan 3 himpunan linguistik yaitu Kering, Normal, dan Lembab. Adapun proses fungsi keanggotaan suhu akan dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Inkubator Telur [1]

Misalnya pada sensor suhu dipeloh nilai tegas (crisp) sebesar 48 %Rh, maka nilai keanggotaan fuzzy pada variabel suhu dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Fuzzifikasi Kelembaban Inkubator Telur [1]

3.2.2. Basis Aturan (Knowledge Base)

Setelah melakukan tahap fuzzifikasi, nilai linguistik yang didapat akan dicocokkan dengan basis aturan (knowledge base). Knowledge Base merupakan aturan implikasi IF-THEN. Fungsi dari implikasi yaitu menyusun baris aturan berupa implikasi Fuzzy yang menyatakan bahwa relasi antara variabel input dan output. Pada metode Fuzzy sugeno, fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Kemudian pembuatan aturan baris, penulis menggunakan “IF” DAN “AND” dan outputnya menghasilkan perintah “THEN”. Aturan Fuzzy yang digunakan untuk menentukan kondisi output berupa kipas akan menyala nyala dengan 3 kondisi yaitu Speed 1, Speed 2, dan Speed 3. [6].

Tabel 1. Knowledge Base – Kualitas suhu dan kelembapan [11]

Rule	Suhu	Kelembapan	Kipas	Kecepatan
Rule 1	Rendah	Kering	On	Pelan
Rule 2	Rendah	Normal	On	Pelan
Rule 3	Rendah	Lembab	On	Pelan
Rule 4	Normal	Kering	On	Cepat
Rule 5	Normal	Normal	On	Sedang
Rule 6	Normal	Lembab	On	Sedang
Rule 7	Panas	Kering	On	Cepat

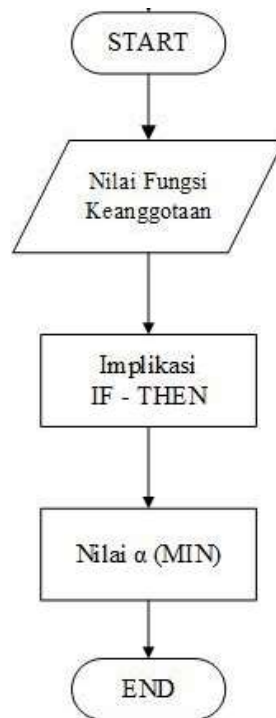
Rule 8	Panas	Normal	On	Sedang
Rule 9	Panas	Lembab	On	Pelan

3.2.3 Inferensi

Inferensi merupakan proses implikasi dan menalar nilai pemasukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan berdasarkan Basis Aturan (Knowledge Base) pada tabel 1 dan akan ditentukan nilai α pada setiap aturan α , merupakan nilai keanggotaan baru hasil operasi 2 himpunan atau lebih. tahap ini menggunakan fungsi implikasi Min(Operator AND). Sehingga rumus untuk mendapatkan inferensi adalah sebagai berikut:

$$\mu_{A \cap B[x]} = \min(\mu_A[x], \mu_B[x]) \tag{1}$$

Gambar 9 menampilkan flowchart inferensi sehingga akan mendapatkan nilai α untuk mendapatkan nilai baru.



Gambar 9. Inferensi Inkubator Penetas Telur [13]

Seperti yang telah dijelaskan bahwa inferensi penalaran membutuhkan input dari nilai keanggotaan yang sudah didapatkan pada proses fuzzifikasi. Nilai dari keanggotaan akan disamakan dengan rule atau basis aturan yang telah di buat. Setelah itu akan didapatkan rule yang sama, maka akan diterapkan fungsi metode MIN untuk mencari nilai terkecil dari setiap rule yang telah dibuat sehingga akan mendapatkan nilai α yang melainkan nilai keanggotaan baru.

Berikut ini adalah contoh dari penggunaan inferensi. Pada proses perhitungan fuzzifikasi mendapatkan nilai keanggotaan suhu dingin 0,2, suhu normal 0,6 dan suhu panas 0,9. Nilai keanggotaan pada Kelembapan RH Kering 0,4, RH normal 0,6 dan RH Lembab 0,9 maka akan menghasilkan nilai keanggotaan baru.

$$\begin{aligned}
 \text{RULE [1] : IF Suhu = Rendah AND RH = Kering THEN Kipas = Pelan} \\
 \alpha\text{-predikat}_1 &= \min (\mu_{\text{suhuRendah}} \cap \mu_{\text{RH Kering}}) \\
 &= \min (0,2 \cap 0,4)
 \end{aligned}$$

= 0,2

RULE [2] : IF Suhu = Rendah AND RH = Normal THEN Kipas = Pelan
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuRendah}} \cap \mu_{\text{RHNORMAL}})$
 = $\min(0,2 \cap 0,7)$
 = 0,2

RULE [3] : IF Suhu = Rendah AND RH = Lembab THEN Kipas = Pelan
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuRendah}} \cap \mu_{\text{RHLembab}})$
 = $\min(0,2 \cap 0,9)$
 = 0,2

RULE [4] : IF Suhu = Normal AND RH = Kering THEN Kipas = Cepat
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuNormal}} \cap \mu_{\text{RHKering}})$
 = $\min(0,6 \cap 0,4)$
 = 0,4

RULE [5] : IF Suhu = Normal AND RH = Normal THEN Kipas = Sedang
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuNormal}} \cap \mu_{\text{RHNORMAL}})$
 = $\min(0,6 \cap 0,7)$
 = 0,6

RULE [6] : IF Suhu = Normal AND RH = Lembab THEN Kipas = Sedang
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuNormal}} \cap \mu_{\text{RHLembab}})$
 = $\min(0,6 \cap 0,9)$
 = 0,6

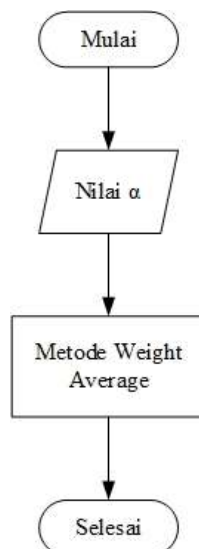
RULE [7] : IF Suhu = Panas AND RH = Kering THEN Kipas = Cepat
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuPanas}} \cap \mu_{\text{RHKering}})$
 = $\min(0,9 \cap 0,4)$
 = 0,4

RULE [8] : IF Suhu = Panas AND RH = Normal THEN Kipas = Sedang
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuPanas}} \cap \mu_{\text{RHNORMAL}})$
 = $\min(0,9 \cap 0,7)$
 = 0,7

RULE [9] : IF Suhu = Panas AND RH = Lembab THEN Kipas = Pelan
 α -predikat1 = $\min(\mu_{\text{suhuPanas}} \cap \mu_{\text{RHLembab}})$
 = $\min(0,9 \cap 0,09)$
 = 0,9

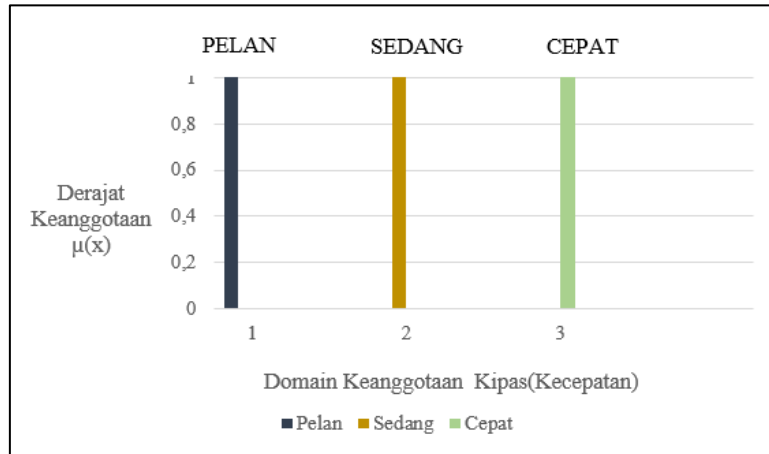
3.2.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari himpunan fuzzy ke himpunan tegas. Gambar 10 menampilkan flowchart proses defuzzifikasi [12].



Gambar 10. Flowchart Defuzzifikasi

Pada tahap ini nilai α – predikat akan dihitung dengan nilai himpunan dari keanggotaan suhu dan kelembapan, adapun nilai lingustik dari himpunan keanggotaan suhu adalah OFF, CEPAT, SEDANG PELAN. dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Kipas

Sebagai contoh, dimisalkan pada sensor suhu diperoleh nilai tegas (crips) sebesar 37 °C dan pada kelambaban sebesar 48%RH, maka nilai keanggotaan fuzzy dapat dilihat pada tabel 2. [5]

Tabel 2. Contoh Fuzzifikasi Studi Kasus

Suhu			RH(Relative Humandity)		
Dingin	Normal	Panas	Kering	Normal	Lembab
0	0,6	0	0	0,7	0

Maka aturan yang berlaku jika nilai yang dihasilkan seperti tabel di atas adalah sebagai berikut:

RULE [5] : IF Suhu = Normal AND RH = Normal THEN Kipas= ON
 α -predikat₁ = $\min (\mu_{\text{suhuNormal}} \cap \mu_{\text{RHNormal}})$
 $= \min (0,6 \cap 0,7)$
 $= 0,6$

Diketahui α – predikat 1 dan 2 telah didapat, kemudian siap digunakan pada tahap defuzzifikasi. Sesuai dengan aturan dan nilai inferensi yang berlaku maka dapat dihitung untuk mendapatkan keputusan menyalakan kipas sesuai dengan metode sugeno sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

$$Z = \frac{0,6(0)}{0,6} = \frac{0}{0,6} = \frac{0}{0,6} = 0$$

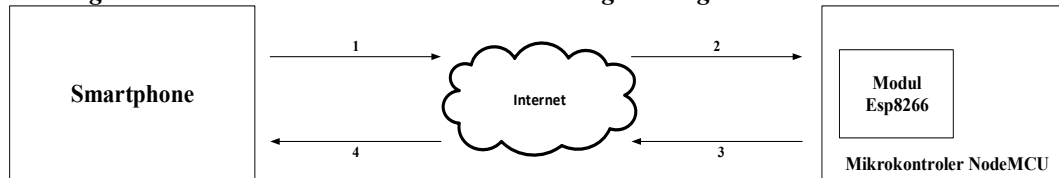
Jadi dapat disimpulkan bahwa, jika nilai sensor suhu inkubator bernilai 37 °C dan RH(Relative Humandity) bernilai 0,7, Kipas akan ON

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Diagram Blok

Diagram blok adalah salah satu bentuk diagram proses untuk sistem yang terspesialisasi di dalam aktivitas rekayasa (engineering). Bentuk diagram tersusun dalam sudut pandang high level atau tidak menonjolkan bagian yang terlalu detail pada sistem.

3.3.1.1 Diagram Blok Cek Koneksi antara NodeMCU dengan Telegram

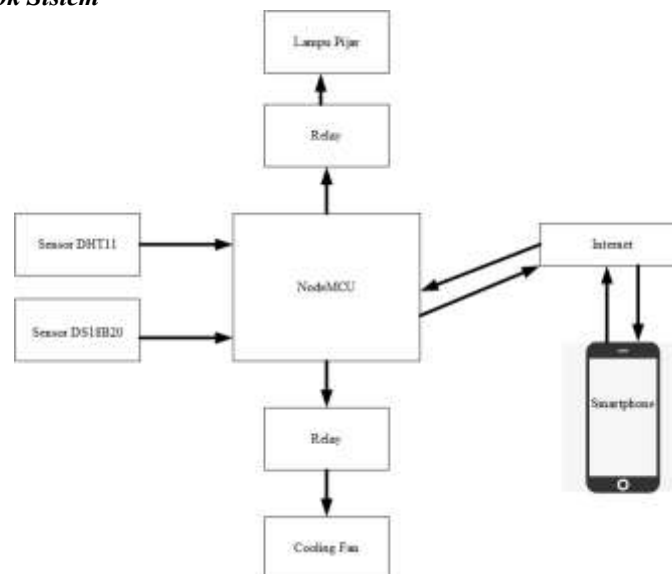


Gambar 12. Diagram Blok Cek Koneksi antara NodeMCU dengan Telegram [10]

Diagram blok pada gambar 12 menggambarkan cara kerja komunikasi antar perangkat dalam pengontrolan ruangan inkubator penetas telur puyuh dengan penjelasan sebagai berikut :

1. User memberikan perintah pada Bot Telegram untuk melihat apakah NodeMCU sudah terhubung, dan akan menampilkan beberapa pilihan didalamnya untuk pengontrolan inkubator penetasan telur puyuh
2. Untuk dapat perintah tersebut diterima, maka dibutuhkan koneksi internet, dengan melalui modul WiFi Esp8266 yang sudah tersedia di NodeMCU. Setelah NodeMCU terhubung dengan internet, maka perintah yang dikirim Bot Telegram dapat diterima.
3. NodeMCU mengirimkan pesan yang memberitahukan bahwa NodeMCU sudah terhubung, agar pesan tersebut dapat dikirim membutuhkan koneksi internet.
4. Bot Telegram menerima balasan pesan yang dikirimkan NodeMCU.

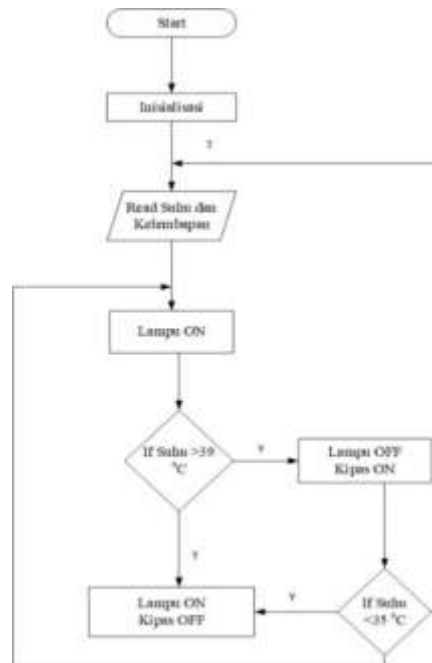
3.3.1.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 13. Diagram Blok Sistem
(Kendali Alat Pemberi Pakan Kucing Otomatis Menggunakan Modul Nodemcu)

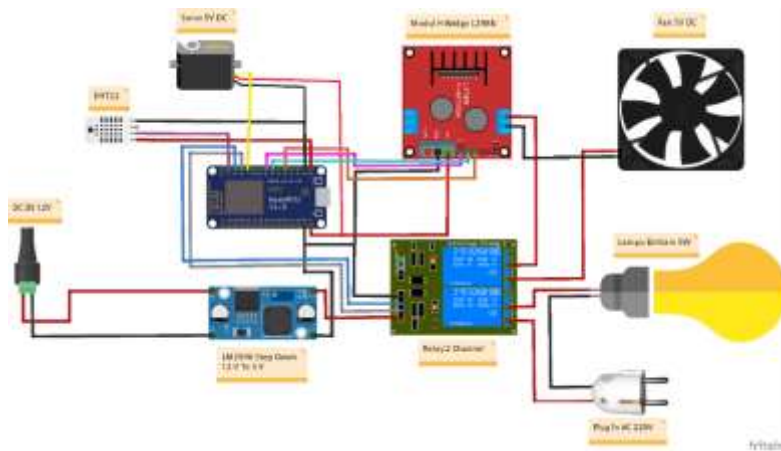
Diagram blok pada gambar 13 menampilkan cara kerja komunikasi komunikasi antar perangkat dalam pengontrolan perangkat elektronik. User mengakses Bot Telegram melalui smartphone dengan terhubung ke jaringan internet untuk memulai pengontrolan perangkat. Bot Telegram dan NodeMCU saling terhubung satu sama lain melalui jaringan internet agar saling dapat mengirim informasi. Selanjutnya NodeMCU menjadi pusat kontrol utama dari semua modul yang saling terhubung dengan NodeMCU, yang dimana setiap perintah yang dikirimkan melalui Bot Telegram akan diterima oleh NodeMCU dan akan diteruskan ke modul sesuai dengan perintah.

3.3.2 Flowchart Cara Kerja Sistem



Gambar 14. Flowchart Cara Kerja Sistem

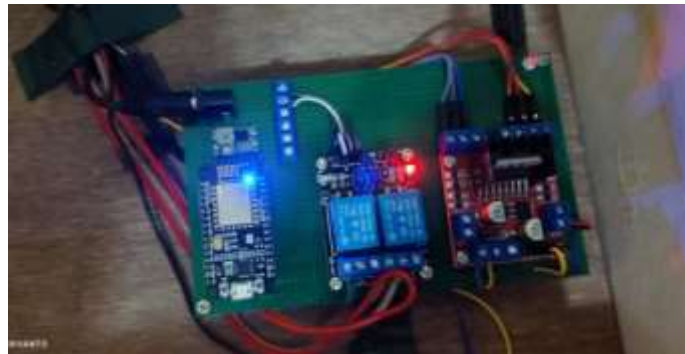
3.3.3 Interkoneksi Perangkat Keras



Gambar 15. Interkoneksi Perangkat Keras

Pada gambar 15. menggambarkan NodeMCU sebagai pengendali utama yang menghubungkan beberapa sensor dan modul agar dapat saling terhubung dan dapat berkomunikasi atau bertukar data. NodeMCU sudah mempunyai modul wifi ESP8266 yang bertugas untuk menghubungkan ke internet sehingga dapat berkomunikasi dengan Telegram. Adapun perangkat keras lain seperti relay digunakan untuk mengontrol ON/OFF pada Cooling fan dan Lampu agar bisa mengendalikan kebutuhan suhu pada ruang inkubator [9].

3.3.4 Tampilan Hardware



Gambar 16. Tampilan Input Perangkat

Penjelasan :

1. *NodeMCU* : berfungsi sebagai tempat pengkodean pembuatan perangkat yang sudah *support wifi*, modul utama *NodeMCU* yang akan menerima dan mengirimkan perintah terhadap modul lain untuk membuat penetasan telur puyuh otomatis.
2. *PCB* : berfungsi sebagai papan penghubung komponen-komponen elektronika.
3. Kabel *Jumper* : berfungsi sebagai pemghubung modul-modul lain.
4. Modul *Relay* : untuk menghubungkan aluran listrik dan ini sama dengan saklar yang dapat menghasilkan *on/off*
5. Modul *LM2596* : berfungsi sebagai penurun tegangang 12V menjadi 5V
6. Modul *H-Bridge L298N* : berfungsi sebagai pengatur kecepatan kipas / *cooling fan*
7. Modul Motor *Servo* : berfungsi untuk memutar rak geser
8. Sensor *DHT22* : berfungsi sebagai sensor menangkap atau merekam suhu dan kelembapan
9. Lampu Pijar 5w : berfungsi untuk pemanas telur
10. Kipas/Cooling Fan : bergungsi untuk pendingin telur.

4. KESIMPULAN

Penelitian telah menghasilkan sebuah analisis kinerja yang bertujuan untuk menjaga kualitas suhu dan kelembapan pada ruang inkubator penetasan telur puyuh yang dapat berjalan otomatis dengan menggunakan logika fuzzy dan dapat dimonitoring melalui aplikasi telegram. Modul mikrokontroler NodeMCU diterapkan pada kontrol perangkat elektronika berupa lampu, kipas atau cooling fan dan servo untuk mengontrol perangkat tersebut dengan jarak jauh. Perangkat elektronika dikontrol oleh Telegram Bot yang terhubung dengan NodeMCU melalui jaringan internet dan dapat mengendalikan relay 5v untuk menyalakan servo,kipas atau cooling fan dan lampu pijar. Perancangan prototype ini dibuat dalam satu PCB dan Aplikasi Android yang semua rancangannya dibuat langsung oleh penulis sehingga dapat dimodifikasi secara bebas.

Berdasarkan hasil pengujian, metode Fuzzy Sugeno terbukti efektif dalam memproses variabel suhu dan kelembapan menjadi keluaran kendali yang stabil. Sistem mampu merespons perubahan kondisi ruangan dengan menyesuaikan output perangkat pendukung (lampu dan kipas) secara bertahap, sehingga fluktuasi suhu yang ekstrem dapat diminimalisir dibandingkan dengan metode kontrol konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Yuli Triastuti, M. Putri Indrayati, A. Said, and B. Surya Permana, "Aplikasi Pemantau Suhu Mesin Penetas Telur Berbasis IoT Android," in Seminar Nasional Hasil Riset, 2018.

-
- [2] U. A. Pringsewu, A. A. Anugerah, and A. Stefanie, "Inkubator Penetas Telur Otomatis Berbasis Fuzzy Logic Control," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, n.d. [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [3] K. K. Çevik, H. E. Koçer, and M. Boğa, "Deep Learning Based Egg Fertility Detection," *Veterinary Sciences*, vol. 9, no. 10, 2022, doi: 10.3390/vetsci9100574.
- [4] F. Nugraha Bimantoro, R. T. Subagio, A. Sulhan, and K. K. Pju, "Prototype Smart Street Light System Berbasis Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *JIKA*, n.d.
- [5] I. Larasati, N. Yulita, D. Setyaningsih, and M. Iqbal, "Sistem Kendali Suhu Penetas Telur Ayam Berbasis Java dan Fuzzy Logic Control," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 1, 2019.
- [6] M. Aditya, W. Nugroho, and A. Prihanto, "Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Aplikasi Findkos Berbasis Web Laravel," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 6, 2025.
- [7] H. Hartati, L. Dahlia, V. Asih, P. Sokibi, and S. Parman, "Rancang Bangun Sistem Penyemprot Disinfektan Otomatis Berbasis IoT Untuk Mencegah Penyebaran Virus Corona," vol. 12, no. 1, 2022.
- [8] D. R. Irawan, R. Fahrudin, and R. T. Subagio, "Implementasi Metode Design Sprint Dalam Perancangan Sistem Informasi UI/UX Berbasis Mobile Pada CV. Buana Energi Abadi," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 9, no. 6, 2025.
- [9] P. Sokibi and R. A. Nugraha, "Perancangan Prototype Sistem Peringatan Indikasi Kebakaran di Dapur Rumah Tangga Berbasis Arduino Uno," vol. 10, no. 1, 2020. [Online]. Available: <http://www.liputan6.com>
- [10] R. Patria Kusuma, R. T. Subagio, P. Sokibi, and W. Ilham, "Prototype Pemberian Nutrisi Cacing Tanah Otomatis Dengan Solar Panel Menggunakan Metode Fuzzy Logic," vol. 13, no. 1, 2023.
- [11] D. Ismawati, D. Syaury, and B. H. Prasetyo, "Perbandingan Jumlah Membership dan Model Fuzzy terhadap Perubahan Suhu pada Inkubator Penetas Telur," vol. 1, no. 6, 2017. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [12] A. Pratiwi et al., "Rancang Bangun Alat Monitoring Penetasan Telur Penyu Untuk Konservasi 'Turtle House' Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 2, no. 2, pp. 182–192, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.oso.ac.id/jkp>
- [13] Y. Sinaga, D. E. Sirait, and J. A. Sinaga, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Menentukan Persediaan Beras Tahun 2023," *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Sosial*, vol. 2, no. 3, pp. 358–370, 2023, doi: 10.58540/jipsi.v2i3.442.