

## OTOMATISASI BUDIDAYA ULAT JERMAN MENGUNAKAN INTERNET OF THINGS

Sixtus Yoebel Augusto, Joseph Dedy Irawan, Suryo Adi Wibowo

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

2018080@scholar.itn.ac.id

### ABSTRAK

Budidaya ulat Jerman berpotensi sebagai sumber protein alternatif, namun masih banyak dilakukan secara manual sehingga kurang efisien. Penelitian ini merancang sistem otomatisasi kandang berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode fuzzy Tsukamoto menggunakan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban, MQ135 untuk gas amonia, serta load cell untuk pakan. Data dikirim ke NodeMCU dan diteruskan ke Telegram untuk pemantauan jarak jauh, sedangkan kipas, lampu, dan mist maker dikendalikan otomatis maupun manual. Hasil pengujian menunjukkan seluruh sensor berfungsi baik dengan akurasi suhu 96,66%, kelembaban 97,89%, gas amonia 96,8%, dan load cell 97,9%, serta sistem pakan otomatis 97,2%. Pengujian fitur login dan tampilan web valid 100%, dengan selisih suhu 2,5% dan kadar amonia 2,80–8,76 ppm. Secara keseluruhan, sistem terbukti efisien, presisi, dan andal dalam memantau serta mengendalikan kondisi lingkungan kandang ulat Jerman secara real-time.

**Kata kunci :** Ulat Jerman, Internet of Things (IoT), Fuzzy Tsukamoto, DHT22, MQ-135, Load Cell

### 1. PENDAHULUAN

Budidaya ulat Jerman (*Zophobas morio*) memiliki potensi ekonomi yang signifikan, khususnya sebagai sumber pakan alternatif bagi hewan peliharaan dan ternak. Namun, pengelolaan budidaya ini masih menghadapi tantangan dalam memantau dan mengatur kondisi lingkungan yang optimal, seperti suhu dan kelembaban. Ketidakmampuan dalam pengelolaan faktor-faktor tersebut secara efektif dapat menurunkan produktivitas dan kualitas ulat yang dihasilkan.

Teknologi otomatisasi budidaya berbasis Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lingkungan budidaya ulat Jerman. Dengan pemantauan real-time melalui sensor IoT, peternak dapat mengambil tindakan korektif secara tepat waktu sehingga kondisi kandang tetap ideal. Penerapan metode logika fuzzy dalam sistem ini juga memungkinkan pengolahan data yang bersifat tidak pasti menjadi keputusan yang lebih akurat dan adaptif. Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan dalam [1], [2] membuktikan efektivitas logika fuzzy dalam pengelolaan lingkungan budidaya serangga, meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem secara signifikan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi budidaya ulat Jerman menggunakan teknologi IoT yang terintegrasi dengan metode logika fuzzy untuk monitoring dan pengelolaan suhu serta kelembaban lingkungan secara optimal. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat meningkatkan produktivitas, kualitas, dan efisiensi budidaya ulat Jerman.

Untuk fokus penelitian, beberapa batasan diterapkan, yaitu: (1) pengelolaan lingkungan terbatas pada parameter suhu dan kelembaban; (2) penggunaan

sensor berbasis IoT untuk pengumpulan data; dan (3) penerapan metode logika fuzzy untuk pengambilan keputusan pengendalian lingkungan. Penelitian ini tidak mencakup aspek pemasaran dan distribusi hasil budidaya.

Manfaat dari penelitian ini meliputi peningkatan stabilitas suhu dan kelembaban kandang, peningkatan kenyamanan lingkungan bagi ulat, serta efisiensi pengelolaan budidaya yang memudahkan peternak melalui sistem otomatis yang dapat dipantau secara jarak jauh via platform berbasis web.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sistem Monitoring Budidaya Berbasis IoT

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji sistem monitoring suhu dan kelembaban pada budidaya ulat Jerman berbasis IoT. Penelitian dalam [3] mengembangkan sistem pengaturan suhu otomatis menggunakan sensor DHT22 dan Arduino Uno yang mampu menjaga suhu kandang pada rentang optimal 27–30°C dengan akurasi tinggi. Sementara itu, [4] merancang sistem monitoring dan pengatur suhu berbasis IoT dengan Arduino Uno, DHT11, dan modul ESP8266 yang dilengkapi fitur kontrol pemanas dan pendingin serta pemantauan jarak jauh melalui platform ThingSpeak. Selain itu, [5] mengembangkan sistem kontrol kandang ulat Jerman berbasis IoT yang memantau suhu dan kelembaban secara real-time, menyimpan data di database MySQL, dan memungkinkan pengawasan jarak jauh.

Dari penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa teknologi IoT efektif dalam menjaga kondisi lingkungan budidaya ulat Jerman secara optimal dan memudahkan pengelolaan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem serupa dengan pendekatan yang lebih efisien dan optimal.

## 2.2. Pemantauan Ulat Jerman

Ulat Jerman merupakan serangga yang banyak dibudidayakan sebagai pakan hewan karena kandungan proteinnya yang tinggi. Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama suhu dan kelembapan. Suhu optimal untuk pertumbuhan ulat Jerman berkisar antara 27–30°C, dan kelembapan ideal berada di kisaran 60–70%. Suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan, sedangkan suhu tinggi dapat menyebabkan stres dan kematian ulat [6]. Oleh karena itu, pemantauan suhu dan kelembapan menjadi sangat penting untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal.

Perkembangan teknologi memungkinkan pemantauan lingkungan kandang ulat secara otomatis dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan seperti DHT22 yang terhubung ke mikrokontroler (misalnya *NodeMCU ESP8266*), sehingga data dapat dipantau secara real-time melalui platform web atau aplikasi mobile, lengkap dengan fitur notifikasi otomatis apabila kondisi lingkungan keluar dari batas optimal [5].

## 2.3. Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan proses pengawasan berkelanjutan terhadap suatu kondisi untuk memastikan tetap sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Dalam bidang otomasi, sistem ini berfungsi mengumpulkan data secara real-time dari berbagai sensor, seperti sensor suhu, kelembapan, maupun gas berbahaya. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menjaga kondisi tetap stabil dan optimal. Apabila terjadi penyimpangan, sistem akan memberikan peringatan melalui tampilan visual, suara, atau notifikasi digital. Pada budidaya ulat Jerman, sistem monitoring berperan penting dalam membantu peternak memantau kondisi lingkungan secara otomatis, sehingga dapat mencegah potensi kerugian dan meningkatkan hasil produksi [7].

## 2.4. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu papan mikrokontroler yang paling populer dan banyak dimanfaatkan dalam dunia pendidikan maupun proyek DIY (Do It Yourself). Papan ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P dan dilengkapi dengan 14 pin input/output (I/O) digital serta 6 pin input analog, yang berfungsi untuk membaca data dari sensor maupun mengendalikan berbagai perangkat seperti relay, motor, dan LED.

Salah satu keunggulan Arduino Uno adalah kemudahan pemrogramannya menggunakan Arduino IDE yang mendukung bahasa C/C++ dengan banyak pustaka siap pakai. Arduino Uno dapat diberi daya melalui port USB atau sumber eksternal dengan tegangan 6-20 Volt. Dengan ukuran kecil dan konsumsi daya rendah, Arduino Uno cocok digunakan untuk aplikasi monitoring lingkungan secara real-time.

Arduino Uno mampu berkomunikasi dengan berbagai sensor dan modul eksternal menggunakan protokol komunikasi serial, I2C, SPI, dan komunikasi digital satu jalur seperti sensor DHT22. Dalam sistem monitoring lingkungan kandang ulat Jerman, Arduino Uno dapat berfungsi sebagai pusat pengumpulan data dari sensor suhu, kelembapan, dan gas, kemudian mengolah dan mengirim data tersebut ke perangkat lain seperti NodeMCU untuk diteruskan ke cloud atau aplikasi monitoring [8].

## 2.5. Sensor Suhu Dan Kelembapan

Sensor suhu dan kelembapan adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi suhu dan kelembapan udara secara akurat dan dalam waktu nyata (real-time). Salah satu sensor yang sering digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan adalah DHT22, karena memiliki tingkat akurasi tinggi dan respon yang cepat. Sensor DHT22 bekerja dengan membaca suhu melalui termistor internal dan mengukur kelembapan menggunakan sensor kapasitif. Informasi yang diperoleh akan dikonversi menjadi sinyal digital, kemudian dikirim ke mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU untuk diproses dan ditampilkan [9].

## 2.6. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things* (IoT) adalah konsep yang memungkinkan berbagai perangkat terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Dengan IoT, pengguna dapat melakukan berbagai aktivitas secara otomatis, termasuk mengakses, memproses, dan mengirimkan data. Secara umum, IoT mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak ke dalam satu sistem jaringan berbasis internet. Tiga elemen utama yang mendukung kinerja IoT adalah sensor, gateway, dan cloud. Penerapan IoT memberikan berbagai keuntungan, seperti efisiensi energi, penghematan biaya operasional, serta peningkatan efektivitas dan produktivitas [10].

## 2.7. Bahasa Pemrograman PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) adalah bahasa pemrograman sisi server yang digunakan untuk membangun aplikasi web dinamis. Bahasa ini memungkinkan pemrosesan data yang dikirimkan oleh pengguna melalui browser (client) serta berinteraksi dengan database seperti MySQL untuk menyimpan dan mengambil data secara real-time. PHP memiliki keunggulan berupa sintaks yang mudah dipahami, kecepatan eksekusi tinggi di sisi server, serta dukungan komunitas yang besar dengan berbagai framework populer seperti Laravel dan CodeIgniter. PHP bekerja di balik layar untuk memproses input, menjalankan logika bisnis, dan menghasilkan tampilan halaman web yang responsif sesuai permintaan pengguna. Dalam sistem monitoring berbasis IoT, PHP umumnya digunakan sebagai backend untuk menangani data yang dikirim oleh perangkat IoT melalui protokol HTTP atau MQTT, menyimpan data

tersebut ke dalam database, dan menampilkannya melalui dashboard web. Selain itu, PHP juga dapat digunakan untuk mengelola notifikasi, manajemen pengguna, serta pengaturan sistem melalui antarmuka web yang mudah diakses [11].

## 2.8. Sensor Gas MQ-135

MQ-135 merupakan sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), dan karbon monoksida ( $\text{CO}$ ). Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan elemen pemanas yang mengubah keramik  $\text{SnO}_2$  menjadi semikonduktor yang peka terhadap keberadaan gas. Saat gas terdeteksi, sensor akan menghasilkan sinyal analog berupa tegangan yang kemudian dapat diproses oleh mikrokontroler. MQ-135 sering digunakan dalam aplikasi pemantauan kualitas udara dan pendeteksian gas beracun [12].

## 2.9. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan perangkat lunak resmi yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke papan Arduino. Lingkungan ini menggunakan bahasa pemrograman C/C++ serta menyediakan pustaka yang lengkap, sehingga memudahkan pengguna, termasuk pemula, dalam membangun aplikasi berbasis Arduino [13].

## 2.10. XAMPP

XAMPP merupakan perangkat lunak open-source yang menyediakan paket lengkap berupa server web Apache, database MySQL, serta interpreter PHP untuk keperluan pengembangan aplikasi web secara lokal pada berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, dan macOS. Selain itu, XAMPP juga mempermudah pengelolaan database MySQL melalui antarmuka phpMyAdmin [14].

## 2.11. Metode Fuzzy Tsukamoto

Logika adalah cabang ilmu yang mempelajari aturan penalaran yang sah secara sistematis. Dalam logika, terdapat dua pendekatan utama: logika tegas dan logika fuzzy. Logika tegas hanya mengenal dua keadaan yang bersifat biner, seperti ya atau tidak, hidup atau mati, tinggi atau rendah, serta 1 atau 0, sehingga disebut juga sebagai logika himpunan tegas. Sebaliknya, logika fuzzy merupakan salah satu komponen dari soft computing dan pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika ini didasarkan pada teori himpunan fuzzy yang mengedepankan konsep ketidakpastian. Dalam teori ini, derajat keanggotaan memainkan peran penting dalam menentukan apakah suatu elemen termasuk dalam suatu himpunan, yang menjadi ciri utama penalaran fuzzy.

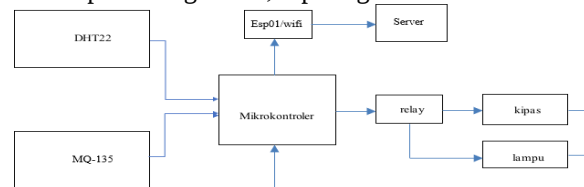
Logika fuzzy Tsukamoto memiliki empat tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, pembentukan basis aturan (rule base), mesin inferensi, dan defuzzifikasi yang menggunakan metode rata-rata (average).

Metode Tsukamoto ini mengandalkan prinsip penalaran monoton, di mana nilai crisp pada bagian konsekuen ditentukan langsung dari nilai keanggotaan pada bagian anteseden. Hal ini mengharuskan bagian konsekuen menggunakan himpunan fuzzy yang bersifat monoton. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan nilai perhitungan yang akurat sesuai kriteria tertentu, serta membantu dalam menentukan keputusan terbaik di antara beberapa pilihan [15].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Blok Sistem

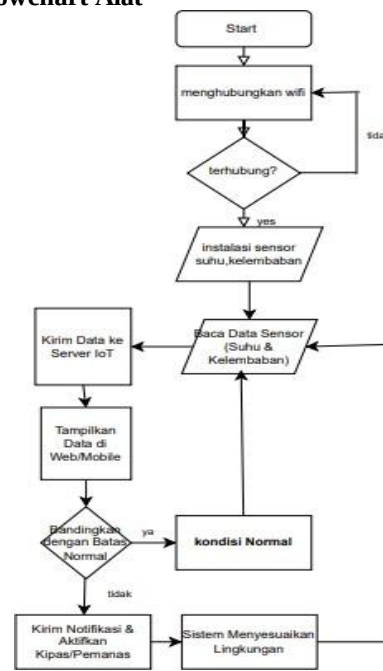
Blok diagram berguna untuk mempermudah dalam perancangan alat, seperti gambar 1



Gambar 1. Diagram Sistem

Gambar 1 diagram sistem menggambarkan sistem pemantauan kandang ulat Jerman yang dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara. Kedua sensor ini terhubung ke mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data. Informasi yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke server secara online melalui modul WiFi ESP01. Selain itu, mikrokontroler mengendalikan relay untuk mengoperasikan kipas dan lampu secara otomatis sesuai dengan kondisi suhu dan kadar gas. Sistem ini dirancang untuk menjaga kondisi lingkungan kandang tetap optimal secara efisien dan real-time.

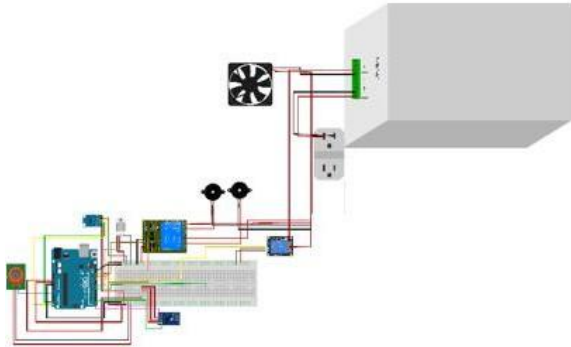
### 3.2. Flowchart Alat



Gambar 2. Flowchart Alat

Flowchart alat menunjukkan alur kerja sistem monitoring ulat Jerman. Proses dimulai dari inialisasi sensor dan koneksi ke web service melalui HTTP. Jika koneksi berhasil, sistem membaca data sensor dan mengirimkannya ke dashboard untuk ditampilkan,

### 3.3. Skema Rancangan

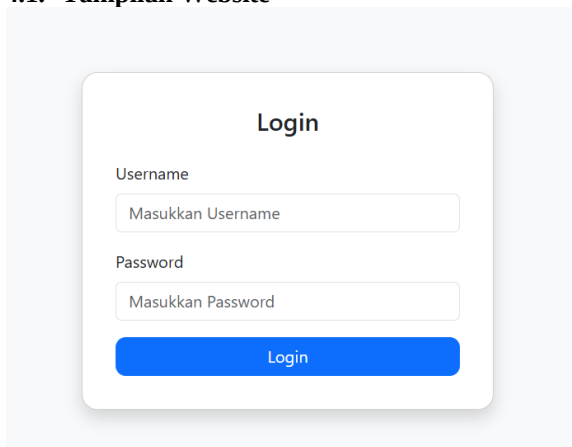


Gambar 3. Skema Alat

Pada Gambar 3 alat skema rancangan di atas terdapat satu Arduino yang terhubung dengan beberapa sensor dan aktuator seperti DHT22, MQ135, dan modul relay. Sensor digunakan untuk memantau suhu, kelembapan, dan kualitas udara di kandang ulat Jerman. Arduino juga mengontrol kipas, lampu, dan mist maker secara otomatis berdasarkan data sensor. Seluruh sistem dirancang untuk menjaga kondisi ideal dalam kandang.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

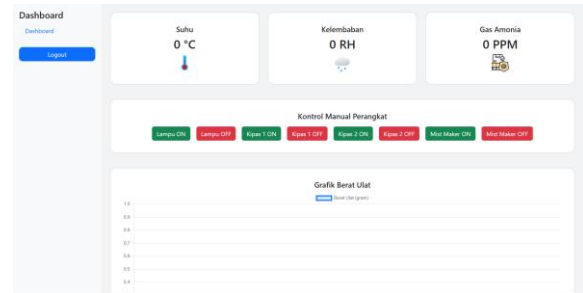
### 4.1. Tampilan Website



Gambar 4. Tampilan Login

Pada gambar 4. terdapat tampilan *login* yang dimana terdapat 2 buah *input* yang digunakan oleh *user* untuk memasukkan *email* dan *password*.

Pada gambar 5 menampilkan tabel yang berisi tanggal & waktu pengambilan data sensor, lalu temperature, kelembaban, berat ulat, dan juga data dari sensor pedeteksi gas ammonia, halaman tabel data ditampilkan secara realtime



Gambar 5. Tampilan Website

### 4.2. Implementasi Alat

Pada tahap ini merupakan implementasi dari Desain Dan Implementasi otomatisasi budidaya ulat jerman :

Pada perancangan model dari "otomatisasi budidaya ulat jerman" terdapat 1 box yang berisi beberapa aktuator yakni seperti gambar berikut:



Gambar 6. Tampilan alat

Pada gambar tampilan alat merupakan tampilan dari rangkaian komponen, yang dimana pada rangkaian komponen tersebut terdapat 1 buah power supply yang berfungsi untuk memberi tegangan ke kipas dc, mist maker dan relay 12v, kemudian untuk rangkaian arduino

### 4.3. Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto

Pada implementasi logika fuzzy tsukamoto, digunakan nilai input 56 sebagai kelembaban, berikut langkah langkah dalam fuzzy tsukamoto.

#### a. Fuzzifikasi

$$\mu_{Kering}(78) = 0$$

$$\mu_{Lembab}(78) = \frac{90 - 78}{15} = \frac{12}{15} = 0.8$$

$$\mu_{Basah}(78) = 0$$

$$\mu_{Dingin}(28) = 0$$

$$\mu_{Normal}(28) = \frac{28 - 20}{7} = \frac{8}{7} = 1.14$$

$$\mu_{Panas}(28) = 0$$

#### b. Based Rule

Rule 1 = If (kelembaban is kering) and (suhu is Dingin) then (DurasiMM is Lama) (DurasiKipas is Cepat)

Rule 2 = If (kelembaban is kering) and (suhu is Normal) then (DurasiMM is Lama)

(DurasiKipas is Cepat)Rule 3 : IF kelembabanBasah THEN mist maker mati

Rule 3 = If (kelembaban is kering) and (suhu is Panas) then (DurasiMM is Lama) (DurasiKipas is Lama)

Rule 4 = If (kelembaban is lembab) and (suhu is DIngin) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Cepat)

Rule 5 = If (kelembaban is lembab) and (suhu is Normal) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Cepat)

Rule 6 = If (kelembaban is lembab) and (suhu is Panas) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Lama)

Rule 7 = If (kelembaban is basah) and (suhu is DIngin) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Cepat)

Rule 8 = If (kelembaban is basah) and (suhu is Normal) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Cepat)

Rule 9 = If (kelembaban is basah) and (suhu is Panas) then (DurasiMM is Cepat) (DurasiKipas is Lama)

#### c. Inferensi

$\alpha$  – Predikat1 =  $\mu$ Kering (78) and  $\mu$ Dingin(28)

= min 0 and 0

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

$\alpha$  – Predikat2 =  $\mu$ Kering (78) and  $\mu$ Normal(28)

= min 0 and 1,14

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

$\alpha$  – Predikat3 =  $\mu$ Kering (78) and  $\mu$ Panas(28)

= min 0 and 0

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

$\alpha$  – Predikat4 =  $\mu$ Lembab (78) and  $\mu$ Dingin(28)

= min 0.8 and 0

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

$\alpha$  – Predikat5 =  $\mu$ Lembab (78) and  $\mu$ Normal(28)

= min 0.8 and 1.14

= 0.8

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

$\alpha$  – Predikat9 =  $\mu$ Basah (78) and  $\mu$ Panas(28)

= min 0 and 0

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

#### d. Defuzzifikasi

$$Z_{MistMaker} = \frac{(0x2) + (0x2) + (0x2) + (0x2) + (0.8x1.2) + (0x2) + (0x2) + (0x2) + (0x2)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0.8 + 0 + 0 + 0 + 0} = \frac{0.96}{0.8} = 1.2$$

$$Z_{MistMaker} = \frac{0.96}{0.8} = 1.2$$

$$Z_{Kipas} = \frac{(0x2) + (0x2) + (0x2) + (0x2) + (0.8x1.2) + (0x2) + (0x2) + (0x2) + (0x2)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0.8 + 0 + 0 + 0 + 0} = \frac{0.96}{0.8} = 1.2$$

$$Z_{Kipas} = \frac{0.96}{0.8} = 1.2$$

$$Z_{MistMaker} = 0.8 = \frac{2 - x}{2 - 1} = 1.2$$

$$Z_{Kipas} = 0.8 = \frac{2 - x}{2 - 1} = 1.2$$

$\alpha$  – Predikat6 =  $\mu$ Lembab (78) and  $\mu$ Panas(28)

= min 0.8 and 0

= 0

ZMistMaker = 2

ZKipas = 2

Hasil dari defuzzifikasi dengan metode fuzzy Tsukamoto dengan nilai input 78 untuk kelembaban dan nilai input 28 untuk temperature suhu adalah 1.20, yang dimana nilai tersebut digunakan sebagai durasi aktif dari mist maker dan kipas

#### 4.4. Pengujian Metode Fuzzy

Pengujian dilakukan dengan metode pengujian metode fuzzy tsukamoto pada sistem dalam menentukan output pada prototipe. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari perhitungan manual dengan output pada system

Hasil pengujian menggunakan metode fuzzy tsukamoto untuk menentukan durasi aktif dari mist maker dan kipas menunjukkan bahwa hasil perbandingan antara hasil program dengan hasil manual yakni sama dan durasi aktif dari mist maker dan kipas sesuai dengan hasil dari defuzzifikasi metode fuzzy tsukamoto, sehingga sistem dapat di implementasikan pada prototipe kendang ulat jerman0

```
07:02:49.303 -> z[7] = 2.00
07:02:49.303 -> Alpha[8] = 0.00
07:02:49.337 -> z[8] = 2.00
07:02:49.337 -> Alpha[9] = 0.00
07:02:49.337 -> z[9] = 0.00
07:02:49.369 -> Hasil defuzzifikasi Mist maker: 1.20
07:02:49.402 -> Hasil defuzzifikasi Kipas: 1.20
07:02:49.435 -> =====
```

Gambar 7. Hasil implementasi

#### 4.5. Pengujian Blackbox Alat

Tabel 1. Pengujian blackbox

| Fitur | Kasus Uji     | Hasil yang diharapkan                                                            | Hasil Pengujian                                                                   | Kesimpulan |
|-------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1     | Sensor DHT22  | Sensor dapat mengumpulkan data suhu dan kelembaban di dalam kandang ulat jerman. | Sensor berhasil mengumpulkan data suhu dan kelembaban dengan baik                 | Valid      |
| 2     | Load Cell     | Sensor dapat mengumpulkan data berat di dalam kandang ulat jerman.”              | Sensor berhasil mengumpulkan data berat di dalam kandang ulat jerman dengan baik” | Valid      |
| 3     | Sensor MQ-135 | Sensor dapat mengumpulkan data gas ammonia di kandang ulat jerman.               | Sensor berhasil mengumpulkan data gas ammonia dengan baik                         | Valid      |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, seluruh sensor pada sistem berfungsi dengan baik. Sensor DHT22 mampu membaca suhu dan kelembaban dengan akurat, sensor Load Cell berhasil mengukur berat di dalam kandang secara tepat, dan

sensor MQ-135 mampu mendeteksi konsentrasi gas ammonia dengan baik. Dengan demikian, seluruh fitur sensor dinyatakan valid dan bekerja sesuai dengan rancangan sistem otomatisasi kandang ulat Jerman.

#### 4.6. Pengujian Blackbox Software

Tabel 2. Pengujian Blackbox

| Fitur | Kasus Uji                                     | Hasil yang diharapkan                                | Hasil Pengujian                                                                                                         | Kesimpulan |
|-------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Login | Mengosongkan data login lalu klik login       | Muncul alert bahwa field harus diisi                 | Alert telah berhasil tampil jika user mengosongkan data login                                                           | Valid      |
|       | Memasukkan username dan password salah        | Muncul alert bahwa username atau password salah      | Alert telah berhasil tampil bahwa username atau password salah jika user memasukkan username atau password dengan salah | valid      |
|       | Memasukkan password dan username dengan benar | User dialihkan ke halaman dashboard dan alert tampil | User berhasil dialihkan ke halaman dashboard dan alert tampil                                                           | valid      |

Pada tabel 2 Pengujian Browser Berdasarkan hasil pengujian fitur Login pada sistem, seluruh skenario uji menunjukkan hasil yang sesuai dengan harapan. Saat pengguna mengosongkan data login dan menekan tombol login, sistem menampilkan alert bahwa kolom harus diisi, sesuai dengan rancangan. Ketika pengguna memasukkan username atau password yang salah, sistem juga berhasil menampilkan alert yang menyatakan bahwa data tidak valid. Selanjutnya, ketika username dan password dimasukkan dengan benar, pengguna berhasil dialihkan ke halaman dashboard, dan pesan konfirmasi tampil dengan baik. Dengan demikian,

dapat disimpulkan bahwa fitur login berfungsi dengan baik dan valid sesuai spesifikasi sistem.

#### 4.7. Pengujian Browser

Pengujian browser dalam penelitian ini dilakukan untuk menguji kompatibilitas website terhadap berbagai web browser. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa tampilan dan data pada halaman website dapat muncul secara utuh sesuai perancangan, tidak hanya pada satu jenis browser yang umum digunakan. Hasil pengujian kompatibilitas website terhadap beberapa browser ditampilkan pada Tabel 3 Pengujian browser

Tabel 3. Pengujian Browser

| No | Aspek Pengujian                       | Web Browser                      |                             |                                      |
|----|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
|    |                                       | Mozilla Firefox Versi on 127.0.2 | Chrome Versi 126.0.6478.127 | Microsoft Edge Version 126.0.2592.81 |
| 1  | Menampilkan halaman login             | ✓                                | ✓                           | ✓                                    |
| 2  | Menampilkan halaman dashboard         | ✓                                | ✓                           | ✓                                    |
| 3  | Menampilkan halaman tabel data sensor | ✓                                | ✓                           | ✓                                    |
| 4  | Fungsi logout                         | ✓                                | ✓                           | ✓                                    |

Keterangan :

✓ : Berhasil

x : Tidak Berhasil

Pada tabel 3 sistem berhasil dijalankan dengan baik pada seluruh web browser yang diuji, yaitu Mozilla Firefox, Google Chrome, dan Microsoft Edge. Semua aspek pengujian, termasuk tampilan halaman login, dashboard, tabel data sensor, serta

fungsi logout, berjalan dengan baik tanpa error atau perbedaan tampilan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki kompatibilitas yang baik di berbagai web browser modern

#### 4.8. Sensor DHT22

Pengujian DHT 22 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor DHT22 dalam merespons perubahan parameter suhu dan kelembaban. Dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap Thermometer Hygrometer, dapat dinilai tingkat akurasi yang dimiliki oleh sensor tersebut.

Tabel 4. Data Perbandingan Suhu

| No                      | DHT2 2 (°C) | Thermo Hygro (°C) | Selisih | Error % | Akurasi |
|-------------------------|-------------|-------------------|---------|---------|---------|
| 1                       | 24.60       | 24.00             | -0.6    | -2.44 % | 97.56 % |
| 2                       | 24.90       | 24.10             | -0.8    | -3.22 % | 96.78 % |
| 3                       | 25.20       | 24.50             | -0.7    | -2.78 % | 97.22 % |
| 4                       | 25.60       | 24.90             | -0.7    | -2.73 % | 97.27 % |
| 5                       | 26.00       | 25.20             | -0.8    | -3.08 % | 96.92 % |
| 6                       | 26.40       | 25.60             | -0.8    | -3.03 % | 96.97 % |
| 7                       | 26.90       | 26.10             | -0.8    | -2.97 % | 97.03 % |
| 8                       | 27.30       | 26.60             | -0.7    | -2.56 % | 97.44 % |
| 9                       | 27.70       | 27.00             | -0.7    | -2.53 % | 97.47 % |
| 10                      | 28.00       | 27.30             | -0.7    | -2.50 % | 97.50 % |
| Nilai Rata Rata Selisih |             |                   | -0.7    | -2.5 %  | 96.66 % |

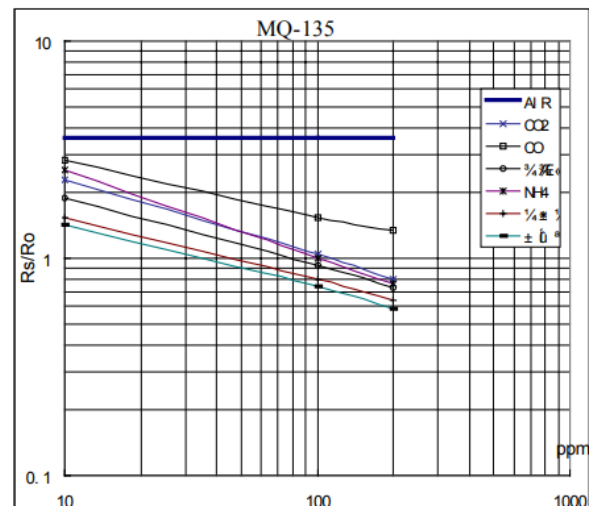
Tabel 5. Data Perbandingan kelembaban

| No                      | Kelembaban (%) | ThermoHygro (%) | Selisih | Error %  | Akurasi |
|-------------------------|----------------|-----------------|---------|----------|---------|
| 1                       | 86.70          | 87.30           | +0.60   | 0.69 %   | 99.31 % |
| 2                       | 90.40          | 91.00           | +0.60   | 0.66 %   | 99.34 % |
| 3                       | 93.30          | 92.70           | -0.60   | - 0.64 % | 99.36 % |
| 4                       | 95.70          | 94.80           | -0.90   | - 0.94 % | 99.06 % |
| 5                       | 97.40          | 96.00           | -1.40   | - 1.44 % | 98.56 % |
| 6                       | 98.90          | 98.00           | -0.90   | - 0.91 % | 99.09 % |
| 7                       | 100.00         | 100.50          | +0.50   | 0.50 %   | 99.50 % |
| 8                       | 100.00         | 99.20           | -0.80   | - 0.80 % | 99.20 % |
| 9                       | 100.00         | 100.10          | +0.10   | 0.10 %   | 99.90 % |
| 10                      | 100.00         | 99.80           | -0.20   | - 0.20 % | 99.80 % |
| Nilai Rata Rata Selisih |                |                 | -0.28   | - 2.11 % | 97.89 % |

Pada Tabel 4 Data Perbandingan suhu dan tabel 5 Data Perbandingan Kelembaban Nilai rata-rata selisih pengukuran suhu dari sensor DHT22 sebesar 2,5%, dengan tingkat akurasi rata-rata Dengan tingkat akurasi mencapai 96,66%, sensor DHT22 menunjukkan performa yang cukup baik dalam mengukur suhu dan kelembaban. Persentase ini diperoleh melalui perbandingan hasil pengukuran dengan alat referensi Thermometer Hygrometer. Selisih nilai yang relatif kecil mengindikasikan bahwa sensor DHT22 mampu memberikan data pengukuran yang konsisten dan memiliki tingkat kesalahan yang rendah.

#### 4.9. Sensor mq-135

Untuk memperoleh nilai akurasi sensor, dilakukan proses kalibrasi pengujian sensor MQ-135 terhadap gas amonia berdasarkan referensi dari datasheet sensor, seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Datasheet MQ-135

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia (PPM) di kandang ulat Jerman melalui proses kalibrasi seperti ditunjukkan pada Gambar 8, Hasil pengujian disajikan pada Tabel berikut.

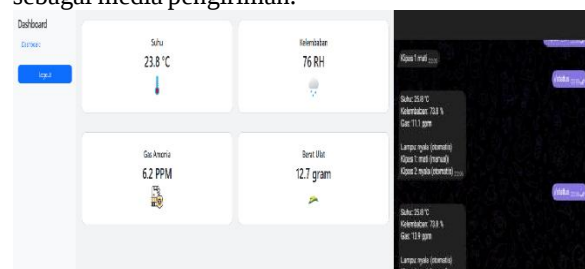
Tabel 6. hasil Pembacaan Gas Ammonia

| No. | Estimasi NH <sub>3</sub> (ppm) | Kondisi          |
|-----|--------------------------------|------------------|
| 1   | 2.80                           | Aman             |
| 2   | 2.99                           | Aman             |
| 3   | 4.07                           | Waspada          |
| 4   | 4.05                           | Waspada          |
| 5   | 5.47                           | Bahaya ringan    |
| 6   | 5.83                           | Bahaya ringan    |
| 7   | 6.57                           | Bahaya           |
| 8   | 7.72                           | Bahaya           |
| 9   | 8.33                           | Sangat berbahaya |
| 10  | 8.76                           | Sangat berbahaya |

Pada tabel 6, konsentrasi gas amonia (NH<sub>3</sub>) berkisar antara 2,80 ppm (aman) hingga 8,76 ppm (sangat berbahaya). Dari sepuluh data, masing-masing dua berada pada setiap kategori tingkat bahaya. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi amonia meningkatkan risiko lingkungan, sehingga diperlukan monitoring dan kontrol ventilasi untuk menjaga kadar gas tetap aman di kandang ulat Jerman

#### 4.10. Pengujian Notifikasi

Pengujian notifikasi ini menggunakan Telegram sebagai media pengiriman.



Gambar 9. Notifikasi Telegram

Pada Gambar 9 terlihat bahwa ketika suhu mencapai 23,8°C, yang menunjukkan bahwa suhu di kandang ulat jerman tergolong dingin, pesan notifikasi akan dikirim ke Telegram, data yang dikirim ke telegram berasal dari *database* dengan *field temperature, humidity*, intensitas, dan amonia. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman notifikasi ke telegram telah berfungsi dengan baik

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, sistem otomatisasi budidaya ulat Jerman berbasis Internet of Things (IoT) terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan kandang secara real-time. Sistem menggunakan sensor DHT22, MQ135, dan Load Cell untuk mengukur suhu, kelembaban, gas amonia, serta berat pakan, kemudian data dikirim ke NodeMCU dan diteruskan ke Telegram. Hasil pengujian menunjukkan seluruh sensor bekerja dengan baik dan valid, dengan tingkat akurasi masing-masing sebesar 96,66% (suhu), 97,89% (kelembaban), 97,9% (berat), dan 96,8% (gas amonia). Fitur login dan kompatibilitas sistem pada berbagai browser juga berfungsi 100% sesuai harapan. Rata-rata selisih pengukuran suhu sebesar 2,5% menunjukkan kinerja sensor yang stabil dan konsisten. Konsentrasi gas amonia berkisar antara 2,80 ppm (aman) hingga 8,76 ppm (sangat berbahaya), sehingga diperlukan kontrol ventilasi otomatis untuk menjaga kadar gas tetap dalam batas aman. Sistem notifikasi juga berhasil mengirim pesan ke Telegram secara real-time ketika suhu turun hingga 23,8°C. Secara keseluruhan, sistem berfungsi dengan baik, andal, dan responsif. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan database cloud, integrasi dashboard berbasis web atau mobile, serta pengujian jangka panjang pada skala kandang lebih besar untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Oktariani, D. F. Ardiansyah, dan R. Mulyanto, "Sistem Pemantauan Otomatis Budidaya Serangga Menggunakan Fuzzy Logic," *Jurnal Teknologi dan Sains*, vol. 12, no. 3, pp. 140-148, 2023.
- [2] H. Harlim, S. Irawan, dan D. P. Rahmat, "Penerapan Logika Fuzzy untuk Kontrol Suhu dan Kelembapan Budidaya," *Jurnal Elektronika dan Otomasi*, vol. 10, no. 2, pp. 75-82, 2022.
- [3] B. Prasetyo, "Desain Sistem IoT untuk Budidaya Ulat Jerman Menggunakan Sensor DHT22," in *Proc. Konf. Teknologi Informasi*, 2021.
- [4] S. Yulianto dan R. A. Putra, "Monitoring Jarak Jauh Suhu Kandang Ulat Jerman," *Jurnal Inovasi Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 22-28, 2022.
- [5] F. Hartono dan L. Santoso, "Implementasi IoT pada Kandang Ulat Jerman," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 6, no. 4, pp. 190-195, 2022.
- [6] D. Widodo, "Faktor Lingkungan terhadap Pertumbuhan Ulat Jerman," *J. Biol. Trop.*, vol. 15, no. 2, pp. 102-107, 2020.
- [7] Sugiharto, A., Nurhadi, D., dan Saputra, Y., "Sistem Monitoring Lingkungan Otomatis Menggunakan IoT," *Jurnal Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 45-50, 2021.
- [8] Santoso, E., Nugroho, S., dan Prasetyo, A., "Arduino Uno untuk Monitoring Lingkungan," *Jurnal Robotika*, vol. 9, no. 2, pp. 120-125, 2021.
- [9] Pratama, R., Suryono, R., dan Handayani, S., "Penggunaan Sensor DHT22 dalam Monitoring Kelembapan," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 58-64, 2022.
- [10] Susanto, R., Prasiani, L., dan Darmawan, H., "Penerapan IoT dalam Sistem Cerdas," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 13, no. 2, pp. 102-108, 2022.
- [11] F. Sinlae, I. Maulana, F. Setiyansyah, dan M. Ihsan, "Pengenalan Pemrograman Web: Pembuatan Aplikasi Web Sederhana Dengan PHP dan MySQL," *Jurnal Siber Multi Disiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 68-82, Jul. 2024.
- [12] Rombang, F., Setyawan, A., dan Dewantoro, M., "Pemanfaatan Sensor MQ-135 untuk Monitoring Gas Amonia," *Jurnal Rekayasa Elektronika*, vol. 10, no. 3, pp. 211-216, 2022.
- [13] Nizam, A., Yuana, P., dan Wulansari, R., "Arduino IDE sebagai Alat Bantu Pembelajaran," *Jurnal Edukasi Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 28-34, 2022.
- [14] XAMPP Official Documentation. Accessed: Apr. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.apachefriends.org/>
- [15] Gloria, Y. dan Sedyono, E., "Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto dalam Sistem Keputusan," *Jurnal Algoritma*, vol. 11, no. 4, pp. 98-105, 2022.