

# PERBANDINGAN PENERAPAN LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI DAN METODE TSUKAMOTO PADA SISTEM DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN PADI

Diaz Prsheila Dharmawan<sup>1</sup>, Shinta Dwi Anggraeni<sup>2</sup>,  
Achmad Fahmi Al-Hafidz<sup>3</sup>, Anggraini Puspita Sari<sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”  
Jawa Timur

<sup>1</sup>[21081010027@student.upnjatim.ac.id](mailto:21081010027@student.upnjatim.ac.id), <sup>2</sup>[21081010215@student.upnjatim.ac.id](mailto:21081010215@student.upnjatim.ac.id),

<sup>3</sup>[21081010223@student.upnjatim.ac.id](mailto:21081010223@student.upnjatim.ac.id), <sup>4</sup>[anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id](mailto:anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id)

\*Corresponding author email: [anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id](mailto:anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id)

**Abstrak** — Kebutuhan makhluk hidup yang sangat esensial adalah bahan pangan, dikarenakan dapat menambah energi dan menyehatkan tubuh. Di Indonesia bahan pokok yang sangat digemari berasal dari tumbuhan nabati yaitu beras. Padi yang merupakan tanaman utama dalam produksi beras, saat ini banyak dibudidayakan di lahan rawa dikarenakan adanya stok air yang melimpah. Jadi, kawasan rawa berpotensi ditanami pada musim kemarau maupun hujan. Salah satu faktor permasalahan pemasok padi adalah penyakit padi yang beresiko dalam budidaya padi untuk meningkatkan produksi. Untuk membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman padi secara akurat, penerapan logika fuzzy pada sistem diagnosa telah menjadi pendekatan yang menjanjikan. Studi ini bertujuan untuk menggambarkan penerapan logika fuzzy dalam sistem diagnosa penyakit tanaman padi. Penyakit padi dapat diketahui dengan berbagai faktor contohnya faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan pH tanah. Melalui penerapan logika fuzzy, sistem diagnosa mampu mengatasi tingkat keparahan penyakit tanaman padi. Dengan memasukkan suhu, kelembaban, dan pH tanah tanaman padi, sistem dapat memberikan tingkat keparahan penyakit yang akurat. Penerapan logika fuzzy pada sistem diagnosa penyakit tanaman padi dapat menjadi alat yang berharga bagi petani untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh penyakit tanaman dan meningkatkan efisiensi pertanian. Pengujian efisiensi hasil penelitian yang dilakukan dalam penerapan logika fuzzy pada sistem diagnosa penyakit tanaman padi dapat meliputi pengujian keunggulan antar metode fuzzy berdasarkan tingkat keakuratan sistem, kecepatan sistem memberi diagnosa, dan efisiensi waktu.

**Kata kunci** — Logika Fuzzy, Tanaman Padi, Kecerdasan Buatan, Mamdani, Tsukamoto

## I. PENDAHULUAN

Penting bagi kehidupan manusia, tanaman padi memiliki peran signifikan karena menghasilkan beras yang menjadi sumber pangan utama dan umum pada masyarakat khususnya di Indonesia[1]. Namun, karena tanaman padi hanya bisa ditanam pada musim hujan, produksi padi menjadi tidak stabil dan tidak dapat memenuhi permintaan masyarakat. Oleh karena itu, saat ini padi ditanam di lahan rawa yang memiliki

pasokan air yang melimpah. Tindakan ini dilakukan untuk meningkatkan produksi padi dan mengatasi permintaan yang tinggi di Indonesia. kemarau.

Selain faktor musim yang menghambat produksi padi, gagal panen dapat terjadi akibat masalah yang muncul serta mengurangi produksi hasil panen. Biasanya, gejala penyakit pada tanaman padi dapat terlihat melalui perubahan pada daun atau kondisi keseluruhan tanaman. Tanda-tanda penyakit padi dapat diketahui melalui munculnya gejala, penyakit padi yang sering dikeluhkan petani adalah penyakit blas padi[2]. Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *pyricularia oryzae* yang aslinya tumbuh di lahan gersang, namun baru-baru ini tumbuh di lahan sawah beririgasi. Faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit blas meliputi kondisi lingkungan dan iklim, seperti suhu dan kelembaban[3].

Untuk membantu petani, diperlukan sebuah sistem yang dapat secara akurat mendiagnosis penyakit pada tanaman padi. Kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong kreativitas individu untuk mengembangkan teknologi yang berguna dan membantu dalam pekerjaan dan kegiatan manusia[4]. Terdapat berbagai metode yang dimanfaatkan untuk diagnosa penyakit tanaman padi, salah satunya dengan pendekatan sistem diagnosa menggunakan logika fuzzy[5]. Logika fuzzy dapat mengatasi ketidakpastian ini dengan mengizinkan pemodelan matematis yang lebih fleksibel dan dapat menangani data yang tidak jelas atau ambigu.

Dalam penelitian ini, kami membuat dua metode dari logika fuzzy yaitu logika fuzzy metode mamdani dan tsukamoto sebagai pembandingan untuk mencapai tingkat akurasi diagnosis. Data pengujian dalam penelitian untuk mendapatkan diagnosis tingkat keparahan penyakit tanaman padi diperoleh dari beberapa sumber, termasuk dari data historis tentang penyakit blas hingga pengamatan lapangan yang mencatat faktor lingkungan dan iklim. Hasil dari penelitian ini dimanfaatkan untuk mencapai diagnosis tingkat keparahan penyakit pada tanaman padi berdasarkan faktor lingkungan dan iklim pada lahan tersebut.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini membahas tentang sistem diagnosis penyakit pada tanaman padi yang rentan terhadap serangan penyakit dan hama, yang dapat menyebabkan penurunan hasil produksi. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengusulkan penggunaan kecerdasan buatan (artificial intelligence) yang menerapkan pola pikir manusia. Sistem yang dikembangkan dapat mengidentifikasi tingkat keparahan penyakit pada tanaman padi dengan mempertimbangkan input suhu, kelembaban, dan pH tanah. Melalui logika fuzzy, sistem tersebut menghitung nilai tingkat keparahan penyakit berdasarkan perbandingan aturan-aturan yang telah tersedia dalam dataset.

Penelitian ini membahas tentang penggunaan logika fuzzy dalam diagnosis penyakit tanaman padi blas, dengan membandingkan dua metode. Tujuan penelitian ini dimanfaatkan untuk menentukan tingkat akurasi diagnosis dari kedua metode tersebut dan memilih metode yang paling akurat untuk menjadi dasar sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Tsukamoto memiliki tingkat akurasi yang lebih unggul, yaitu sebesar 97,26 persen, sedangkan metode Mamdani menghasilkan tingkat akurasi sebesar 84,50 persen.

### B. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah pendekatan matematika yang memungkinkan pengukuran dan pemodelan kebenaran dengan mempertimbangkan ketidakpastian. Dalam logika fuzzy, konsep atau variabel dapat memiliki nilai keanggotaan yang berkisar antara 0 hingga 1, yang mencerminkan tingkat kebenaran konsep tersebut. Pendekatan logika fuzzy telah terbukti efektif dalam melakukan klasifikasi dari masukkan gejala ke dalam hasil diagnosis. Dasar teori dalam konteks sistem diagnosis penyakit tanaman padi yang menerapkan logika fuzzy meliputi beberapa konsep utama, antara lain:

- 1) Fuzzifikasi adalah tahap dalam pengolahan data di mana variabel-variabel diubah menjadi data fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Tujuan dari fuzzifikasi adalah untuk menggambarkan ketidakpastian atau ambiguitas yang terdapat dalam data masukan.
- 2) Basis pengetahuan fuzzy adalah kumpulan aturan yang menghubungkan kondisi dengan hasil atau luaran yang diinginkan. Sebagai contoh, aturan fuzzy dapat menyatakan, "Apabila suhu rendah, kelembaban rendah, dan pH tanah rendah, maka tingkat infeksi penyakit blas pada tanaman padi adalah rendah."
- 3) Inferensi fuzzy adalah suatu proses pengambilan keputusan atau pemrosesan informasi yang menggunakan aturan fuzzy untuk menghasilkan output atau diagnosis. Dalam konteks sistem diagnosis penyakit tanaman padi, inferensi fuzzy dilakukan dengan menggabungkan data suhu, kelembaban, dan pH tanah yang diamati dengan aturan fuzzy yang telah ditentukan.
- 4) Defuzzifikasi adalah proses untuk mengkonversi hasil inferensi fuzzy menjadi nilai yang lebih spesifik atau tindakan yang dapat dipahami. Dalam konteks sistem diagnosis penyakit tanaman padi, defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan tingkat keparahan

penyakit yang terjangkit. Misalnya, menggunakan istilah "rendah", "sedang", dan "tinggi" untuk menggambarkan seberapa parah tanaman padi terkena penyakit blas.

### C. Fuzzy Mamdani

- 1) Dalam inferensi fuzzy metode ini memanfaatkan fungsi minimum untuk menentukan nilai minimum dari setiap aturan, dan komposisi antar aturan dilakukan dengan fungsi maksimum untuk mendapatkan himpunan fuzzy baru[6].
- 2) Pada metode fuzzy Mamdani, proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Centroid, yang menghitung titik pusat (centroid) dari himpunan fuzzy dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$y^x = \frac{Z_y(y)}{Z_{Mr}(y)} \quad (1)$$

### D. Fuzzy Tsukamoto

- 1) Dalam inferensi fuzzy metode ini memanfaatkan fungsi implikasi minimum untuk mendapatkan nilai x untuk setiap aturan ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ). Setiap nilai x dipakai sebagai perhitungan hasil inferensi secara tuntas (Crips) untuk setiap aturan ( $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ ).
- 2) Pada metode fuzzy Tsukamoto, proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan pendekatan rata-rata dengan rumus berikut :

$$Z = \frac{(apred_1 * Z_1) + (apred_2 * Z_2) + \dots + (apred_n * Z_n)}{apred_1 + apred_2 + \dots + apred_n} \quad (2)$$

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode Tsukamoto

Pada dasarnya metode tsukamoto menggunakan beberapa konsep penalaran dikarenakan menggunakan konsep dasar penalaran monoton[5]. Hasil diagnosa yang diperoleh akan memberikan informasi tentang penyakit yang dialami oleh tanaman padi berdasarkan gejala yang diamati. Tahapan dalam metode Tsukamoto, sebagai berikut:

- 1) Tentukan variabel input dan output, variabel input terdiri dari satu atau beberapa variabel. Sedangkan variabel output akan menghasilkan satu variabel.
- 2) Tentukan domain variabel, isi dari domain adalah semua kemungkinan nilai variabel yang terinput.
- 3) Tentukan fungsi keanggotaan, mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel. Fungsinya untuk menentukan seberapa dekat nilai input atau output dengan kelas
- 4) Tentukan aturan fuzzy yang, sekumpulan pernyataan yang menentukan hubungan antara input dan output dalam bentuk IF (jika) untuk variabel inputan dan konsekuensi THEN (maka) hasil outputnya.
- 5) Proses Penalaran, sistem menerima nilai masukkan aturan fuzzy dan hasilkan nilai keluaran fuzzy.
- 6) Defuzi, nilai keluaran fuzzy diubah menjadi nilai tajam (nilai tunggal). Hasil proses menggunakan metode

centroid yang dilakukan dengan menggunakan teknik defuzzifikasi[7].

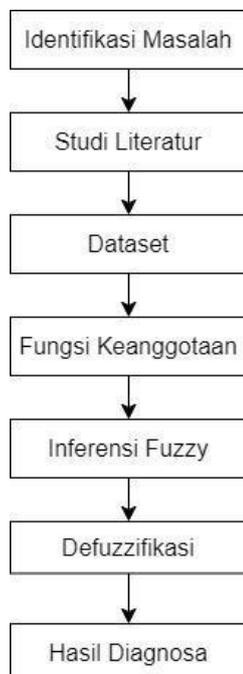
### B. Metode Mamdani

Metode Mamdani digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas melalui penggunaan keputusan dengan memanfaatkan himpunan fuzzy dan aturan fuzzy. Teknik defuzzifikasi yang digunakan ialah metode centroid atau metode mean-max yang dapat menghasilkan nilai tegas[8]. Tahapan dalam metode Mamdani, sebagai berikut:

- 1) Fuzzifikasi adalah proses mengubah variabel inputan numerik menjadi variabel fuzzy
- 2) Inferensi adalah proses variabel inputan menghasilkan output dengan menggunakan aturan fuzzy premis (input) dan konklusi (output)
- 3) Kombinasi dapat dilakukan dengan menggunakan operator fuzzy seperti maksimal, minimum, atau rata-rata dengan variabel output fuzzy dari setiap aturan menjadi satu variabel output fuzzy.
- 4) Defuzzifikasi adalah proses mengubah variabel output menjadi nilai output numerik. Untuk menandai hasil numerik dipilih dengan menentukan median kurva keanggotaan variabel[9][7].

### C. Langkah-langkah penelitian

Penulis menggunakan beberapa tahapan dalam menganalisis diagnosa penyakit pada tanaman padi menggunakan logika fuzzy mamdani dan tsukamoto. Adapun gambaran tahapannya adalah sebagai berikut[10]:



Gambar. 1 Tahapan Metodologi Penelitian

Berikut penjelasan dari langkah-langkah Gambar 1:

- 1) *Identifikasi Masalah*

Pada penelitian ini masalah yang diidentifikasi adalah pengukuran tingkat penyakit pada tanaman padi.

#### 2) Studi Literatur

Setelah selesai menganalisis masalah yang ada, penulis melakukan pengumpulan berbagai literatur terkait dengan logika fuzzy, metode mamdani, metode tsukamoto, dan tanaman padi sebagai basis pengembangannya, mulai dari jurnal dan artikel. Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan memperdalam pengetahuan peneliti mengenai masalah dan bidang yang akan diteliti.

#### 3) Dataset

Tahapan ini melakukan pengumpulan data gejala penyakit dari jurnal yang relevan, lalu penulis mengembangkan data tersebut menjadi dataset yang siap diuji coba.

#### 4) Fungsi Keanggotaan

Dataset gejala tersebut akan defuzzifikasi untuk mengubahnya menjadi variabel linguistik yang dapat diolah oleh sistem. Penulis menggunakan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy sebagai berikut.

Tabel 1 Fungsi Keanggotaan PH Tanah

| PH TANAH |                     |
|----------|---------------------|
| PH       | Variabel Linguistik |
| 4 - 6    | Asam                |
| 7        | Netral              |
| 8        | Basa                |

Tabel 2 Fungsi Keanggotaan Suhu

| SUHU    |                     |
|---------|---------------------|
| Celcius | Variabel Linguistik |
| 25 - 30 | Rendah              |
| 22 - 33 | Normal              |
| 30 - 35 | Tinggi              |

Tabel 3 Fungsi Keanggotaan Kelembaban

| KELEMBABAN |                     |
|------------|---------------------|
| Persen (%) | Variabel Linguistik |
| 0 - 75     | Rendah              |
| 70 - 85    | Normal              |
| 80 - 100   | Tinggi              |

5) *Inferensi Fuzzy*

Membuat inferensi fuzzy, dimana penulis menggunakan aturan sebanyak 27 rules dengan 3 gejala yaitu suhu, kelembaban, dan pH tanah. Dalam metode Mamdani, mengaplikasikan aturan fuzzy secara langsung, yaitu dengan mengalikan tingkat keanggotaan setiap himpunan fuzzy input dengan bobot aturan dan menghasilkan himpunan fuzzy output[11]. Sedangkan dalam metode Tsukamoto, melibatkan penentuan bobot menggunakan fungsi keanggotaan linear yang disebut fungsi Tsukamoto pada setiap aturan fuzzy yang kemudian diagregasikan untuk menghasilkan fungsi keanggotaan output[12].

6) *Defuzzifikasi*

Defuzzifikasi untuk menghasilkan hasil diagnosa yang jelas. Dalam metode Mamdani, defuzzifikasi dilakukan dengan mengagregasi himpunan fuzzy output dari aturan-aturan fuzzy dan mengubahnya menjadi nilai tegas menggunakan teknik seperti metode centroid atau mean-max. Sedangkan dalam metode Tsukamoto, defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung rata-rata tertimbang dari tingkat keanggotaan himpunan fuzzy output yang terlibat dalam aturan fuzzy[7].

7) *Hasil Diagnosa*

Hasil diagnosa yang diperoleh akan memberikan informasi tentang penyakit yang dialami oleh tanaman padi berdasarkan gejala yang diamati. Tingkatan diagnosa penyakit yaitu tingkatan penyakit rendah, sedang, dan tinggi.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang kami gunakan menggunakan metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto. Mamdani biasa disebut dengan metode Max-Min. Untuk mendapatkan output. Kemudian metode Tsukamoto, setiap konsekuensi dari aturan dalam bentuk If-Then harus diwakili oleh himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton, yang secara jelas menunjukkan hasil penalaran dari setiap aturan[13]. Berikut ini akan dijelaskan penerapan metode fuzzy Mamdani dan Tsukamoto pada sistem ini.

## Tahap 1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Dalam proses fuzzy, langkah pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan himpunan fuzzy. Masukan dari sistem ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi diagnosis penyakit tanaman padi[1]. Sistem ini hanya memiliki satu set input yaitu Variabel Linguistik. Tingkatan Variabel Linguistik memiliki tiga tingkatan, yaitu diagnosis tingkat tinggi, diagnosis tingkat sedang, dan diagnosis tingkat rendah. Interval waktu untuk setiap nilai bahasa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 4 Interval Nilai Linguistik Himpunan Diagnosis

| DIAGNOSA                     |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Interval Variabel Linguistik | Variabel Linguistik |
| 0 - 50                       | Rendah              |

| DIAGNOSA                     |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Interval Variabel Linguistik | Variabel Linguistik |
| 51 - 75                      | Sedang              |
| 76 - 100                     | Tinggi              |

## Tahap 2 Pembentukan Komposisi Aturan

Setelah menentukan himpunan fuzzy, selanjutnya beralih ke pembuatan rule, sebuah proses yang sering disebut sebagai inferensi. Berpikir mencari rule, yang kesimpulannya merupakan solusi yang dapat dicapai[14].

Pertama, kita perlu mendefinisikan nilai linguistik (fuzzy set) untuk setiap variabel input (suhu, pH tanah, kelembaban) dan variabel output (diagnostik). Misalnya, kita dapat menggunakan label "rendah", "sedang", dan "tinggi" untuk mewakili nilai rendah, normal, dan tinggi. Selanjutnya, kita perlu mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy ini. Fungsi keanggotaan ini menentukan berapa banyak nilai yang sesuai dengan setiap himpunan fuzzy.

Berikut adalah contoh fungsi anggota yang dapat digunakan untuk setiap variabel:

## 1. Variabel Masukan:

## - Suhu:

- Rendah: fungsi segitiga dengan titik puncak di 25 dan spread sekitar 5.
- Normal: fungsi segitiga dengan titik puncak di 30 dan spread sekitar 5.
- Tinggi: fungsi segitiga dengan titik puncak di 35 dan spread sekitar 5.

## - PH Tanah:

- Asam: fungsi segitiga dengan titik puncak di 5 dan spread sekitar 1.
- Netral: fungsi segitiga dengan titik puncak di 7 dan spread sekitar 1.
- Basah: fungsi segitiga dengan titik puncak di 9 dan spread sekitar 1.

## - Kelembaban:

- Rendah: fungsi segitiga dengan titik puncak di 30 dan spread sekitar 10.
- Normal: fungsi segitiga dengan titik puncak di 50 dan spread sekitar 10.
- Tinggi: fungsi segitiga dengan titik puncak di 70 dan spread sekitar 10.

## 2. Variabel Keluaran (Diagnosis):

- Rendah: fungsi segitiga dengan titik puncak di 0 dan spread sekitar 1.
- Sedang: fungsi segitiga dengan titik puncak di 1 dan spread sekitar 1.
- Tinggi: fungsi segitiga dengan titik puncak di 2 dan spread sekitar 1.

Setelah nilai linguistik dan fungsi keanggotaan ditentukan, kita dapat menghitung nilai keanggotaan (membership value)

untuk setiap variabel masukan dan keluaran berdasarkan data yang ada. Selanjutnya, kita dapat menggunakan peraturan fuzzy (fuzzy rules) untuk menggabungkan nilai keanggotaan dan menghasilkan nilai linguistik untuk variabel keluaran (diagnosis) berdasarkan variabel masukan.

Misalnya, salah satu aturan fuzzy bisa terlihat seperti ini:

- Jika suhu rendah DAN pH tanah asam DAN kelembaban rendah, maka diagnosis rendah.

Setelah menghitung semua aturan fuzzy, kita dapat menggunakan metode defuzzyfikasi, seperti Mamdani atau Tsukamoto, untuk mengubah nilai linguistik menjadi nilai crisp (nilai tunggal) sebagai hasil akhir. Perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan dataset sebenarnya dan implementasi algoritma fuzzy logic tidak dapat dilakukan dalam jawaban ini karena kompleksitasnya. Anda dapat menggunakan pustaka fuzzy logic di Python atau bahasa pemrograman lainnya untuk mengimplementasikan algoritma fuzzy logic dan mencoba perhitungan lebih lanjut dengan dataset sebenarnya untuk mendapatkan aturan seperti yang tertera pada tabel di atas.

Tabel 5 Tabel Rule ( Aturan )

| No. | Suhu   | PH Tanah | Kelembaban | Diagnosis |
|-----|--------|----------|------------|-----------|
| 1   | Rendah | Asam     | Rendah     | Rendah    |
| 2   | Rendah | Asam     | Normal     | Rendah    |
| 3   | Rendah | Asam     | Tinggi     | Sedang    |
| 4   | Rendah | Netral   | Rendah     | Rendah    |
| 5   | Rendah | Netral   | Normal     | Sedang    |
| 6   | Rendah | Netral   | Tinggi     | Tinggi    |
| 7   | Rendah | Basah    | Rendah     | Rendah    |
| 8   | Rendah | Basah    | Normal     | Sedang    |
| 9   | Rendah | Basah    | Tinggi     | Tinggi    |
| 10  | Normal | Asam     | Rendah     | Rendah    |
| 11  | Normal | Asam     | Normal     | Rendah    |
| 12  | Normal | Asam     | Tinggi     | Sedang    |
| 13  | Normal | Netral   | Rendah     | Rendah    |
| 14  | Normal | Netral   | Normal     | Sedang    |
| 15  | Normal | Netral   | Tinggi     | Tinggi    |
| 16  | Normal | Basah    | Rendah     | Rendah    |
| 17  | Normal | Basah    | Normal     | Tinggi    |

| No. | Suhu   | PH Tanah | Kelembaban | Diagnosis |
|-----|--------|----------|------------|-----------|
| 18  | Normal | Basah    | Tinggi     | Tinggi    |
| 19  | Tinggi | Asam     | Rendah     | Rendah    |
| 20  | Tinggi | Asam     | Normal     | Sedang    |
| 21  | Tinggi | Asam     | Tinggi     | Tinggi    |
| 22  | Tinggi | Netral   | Rendah     | Rendah    |
| 23  | Tinggi | Netral   | Normal     | Sedang    |
| 24  | Tinggi | Netral   | Tinggi     | Tinggi    |
| 25  | Tinggi | Basah    | Rendah     | Sedang    |
| 26  | Tinggi | Basah    | Normal     | Tinggi    |
| 27  | Tinggi | Basah    | Tinggi     | Tinggi    |

Hasil pengolahan data Diagnosis ini berupa dataset yang digunakan untuk mengolah data sesuai dengan metode Mamdani[15]. Tabel 6 merupakan data yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyakit tanaman padi.

Tabel 6 Dataset

| NO | Suhu | Kelembaban (%) | PH Tanah | Tingkat Penyakit |
|----|------|----------------|----------|------------------|
| 1  | 28   | 75             | 6,5      | 55.73            |
| 2  | 32   | 85             | 7,2      | 61.62            |
| 3  | 30   | 80             | 6,9      | 58.01            |
| 4  | 27   | 70             | 6,2      | 52.99            |
| 5  | 31   | 90             | 7,5      | 66.97            |
| 6  | 29   | 75             | 6,7      | 55.73            |
| 7  | 33   | 80             | 7        | 55.04            |
| 8  | 30   | 60             | 7,2      | 58.87            |
| 9  | 28   | 75             | 6,8      | 55.73            |
| 10 | 32   | 80             | 6,2      | 58.87            |
| 20 | 33   | 76             | 6.3      | 61.62            |

Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan melalui pendekatan fungsional. Salah satu langkah selanjutnya dalam menghitung pendekatan fuzzy adalah inferensi. Dalam proses penalaran sistem ini digunakan metode Mamdani Min-Max dan Tsukamoto If-

Then karena penalaran metode tersebut hampir mirip dengan penalaran manusia[16]. Pada langkah ini, inferensi dilakukan dengan menggunakan input fuzzy dan aturan fuzzy. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A \leftarrow \max(B, B)$$

keterangan:

A = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

B = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

Tahap 3 Penegasan (Defuzzifikasi)

Langkah defuzzifikasi digunakan untuk mengubah hasil fuzzy menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang terbentuk[17]. Himpunan fuzzy ini merupakan informasi yang diperoleh dari data diagnosis, dataset dan tingkat penyakit. Karena data yang diperoleh secara inheren bersifat fuzzy, data dikumpulkan kemudian dilakukan proses defuzzifikasi agar data tersebut dapat diubah menjadi hasil yang tidak fuzzy lagi.

Perhitungan Defuzzifikasi Mamdani :

$$y^x = \frac{Z_y(y)}{ZMr(y)} \quad (1)$$

$$= \frac{(10+20+30+40+50) \times 0,4 + (60+70+80+90+100) \times 0,33}{(5 \times 0,4) + (5 \times 0,33)}$$

$$= \frac{192}{3,65}$$

$$= 52,6$$

Dimana variabel  $y^{(y)}$  adalah nilai crisp dan  $Mr(y)$  adalah derajat keanggotaannya.

Perhitungan Defuzzifikasi Tsukamoto :

$$Z = \frac{(apred_1 * Z_1) + (apred_2 * Z_2) + \dots + (apred_n * Z_n)}{apred_1 + apred_2 + \dots + apred_n} \quad (2)$$

$$= \frac{(0 \times 10,08) + (0,4 \times 20,6) + (0,3 \times 30,32) + (0,33 \times 40,198) + \dots + (0 \times 90)}{0 + 0,4 + 0,3 + 0,33 + 0,8 + 0,3 + 0 + 0,8 + 0}$$

$$= \frac{153,499}{2,93}$$

$$= 52,388$$

Dimana variabel z adalah nilai crisp kemudian  $apred_1, apred_2, \dots, apred_n$  adalah kontribusi atau bobot yang diberikan oleh masing-masing aturan fuzzy pada variabel keluaran dan  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  adalah nilai crisp yang sesuai dengan masing-masing aturan fuzzy pada variabel keluaran.

Implementasi Defuzzifikasi Menggunakan Metode Mamdani :

```
for data in dataset:
    suhu_input = data[0]
    kelembaban_input = data[1]
    ph_input = data[2]

    diagnosa.input['suhu'] = suhu_input
```

```
diagnosa.input['ph_tanah'] = ph_input
diagnosa.input['kelembaban'] = kelembaban_input
diagnosa.compute()
hasil_diagnosis = diagnosa.output['diagnosis']

error = abs(hasil_diagnosis - data[3])
total_error += error

print("Data:", data)
print("Hasil Diagnosis Menggunakan Metode Mamdani:", hasil_diagnosis)
```

Implementasi Menghitung Tingkat Akurasi Menggunakan Metode Mamdani :

```
error_threshold = 10 # Ambil batas toleransi kesalahan
accuracy = max(0, (1 - (total_error / (n_data * error_threshold))) * 100)

print("Akurasi:", accuracy, "%")
```

Implementasi Defuzzifikasi Menggunakan Metode Tsukamoto:

```
diagnosis_defuzz = fuzz.defuzz(diagnosis,
diagnosis_agg, 'centroid')
diagnosis_result = round(diagnosis_defuzz, 2)

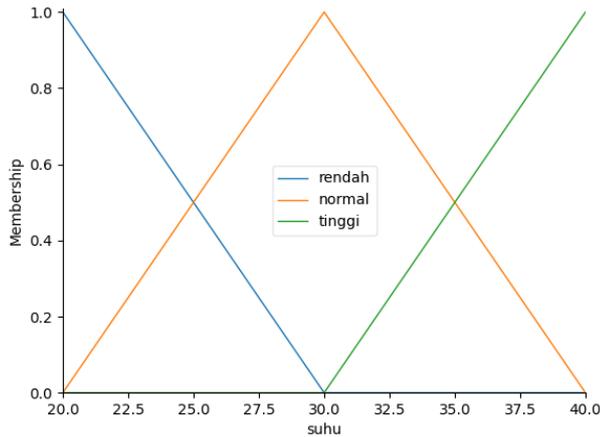
hasil_diagnosis.append(diagnosis_result)

for i in range(n_data):
    print("Data", i+1, ":", dataset[i])
    print("Hasil Diagnosis Menggunakan Metode Tsukamoto =", hasil_diagnosis[i])
```

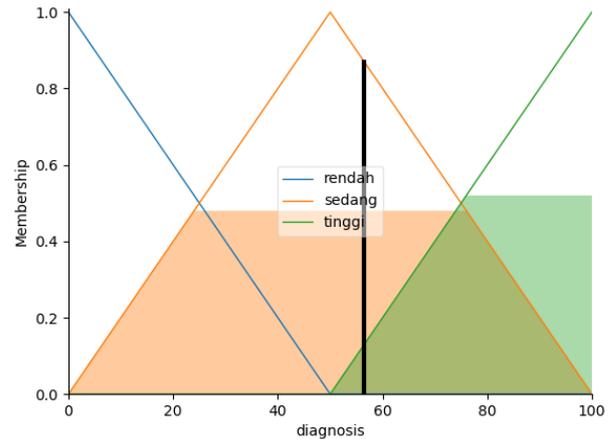
Implementasi Menghitung Tingkat Akurasi Menggunakan Metode Tsukamoto:

```
target_diagnosis = [55.73, 61.62, 50.00, 58.01, 52.99,
66.97, 55.73, 55.04, 50.00, 61.62, 50.00, 58.87, 55.73,
58.87, 55.73, 61.62, 50.00, 61.62, 50.00, 61.62]
akurasi = 100 -
(np.mean(np.abs(np.subtract(target_diagnosis,
hasil_diagnosis))) / np.mean(target_diagnosis) * 100)
print("Akurasi: {}".format(akurasi))
```

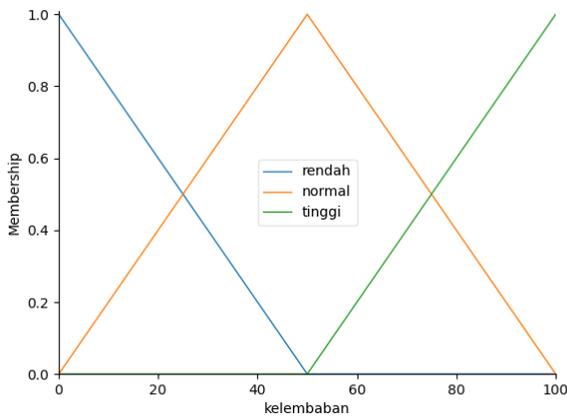
Setelah melakukan proses perhitungan dengan menerapkan metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto, secara sistem yang dibuat, maka didapatkan grafik dari suhu, kelembaban, ph tanah, tingkat penyakit, dan hasil diagnosis pada metode tersebut.



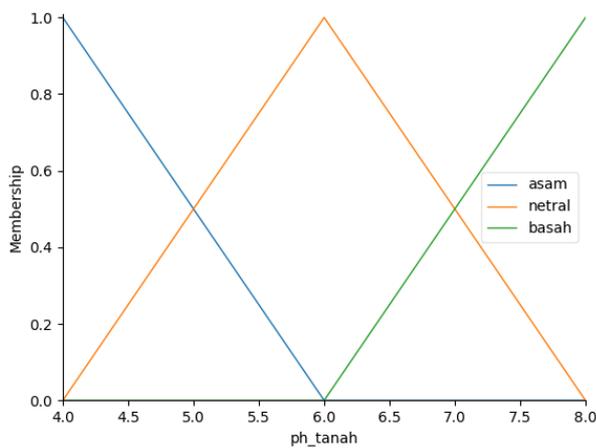
Gambar 2 Grafik suhu



Gambar 5 Grafik Hasil Diagnosis



Gambar 3 Grafik Kelembaban



Gambar 4 Grafik PH Tanah

Setelah melakukan proses perhitungan dengan menggunakan grafik, maka didapatkan hasil perbandingan, akurasi, dan metode yang cocok untuk Identifikasi Penyakit Blas Pada Tanaman Padi sebagai berikut :

Tabel 7 Hasil Perhitungan Menggunakan Mamdani

| NO | Suhu | Kelembaban (%) | PH Tanah | Tingkat Penyakit | Hasil |
|----|------|----------------|----------|------------------|-------|
| 1  | 28   | 75             | 6,5      | 55.73            | 55.95 |
| 2  | 32   | 85             | 7,2      | 61.62            | 61.04 |
| 3  | 30   | 80             | 6,9      | 58.01            | 57.96 |
| 4  | 27   | 70             | 6,2      | 52.99            | 53.76 |
| 5  | 31   | 90             | 7,5      | 66.97            | 66.79 |
| 6  | 29   | 75             | 6,7      | 55.73            | 55.95 |
| 7  | 33   | 80             | 7        | 55.04            | 57.04 |
| 8  | 30   | 60             | 7,2      | 58.87            | 58.78 |
| 9  | 28   | 75             | 6,8      | 55.73            | 55.95 |
| 10 | 32   | 80             | 6,2      | 58.87            | 58.78 |

Tingkat akurasi yang didapatkan pada perhitungan Identifikasi Penyakit Blas Pada Tanaman Padi menggunakan Metode Mamdani dengan dataset yang sudah disediakan yaitu sebesar 84.50%

Tabel 8 Hasil Perhitungan Menggunakan Metode Tsukamoto

| NO | Suhu | Kelembaban (%) | PH Tanah | Tingkat Penyakit | Hasil |
|----|------|----------------|----------|------------------|-------|
| 1  | 28   | 75             | 6,5      | 55.73            | 55.95 |
| 2  | 32   | 85             | 7,2      | 61.62            | 61.04 |
| 3  | 30   | 80             | 6,9      | 58.01            | 57.97 |
| 4  | 27   | 70             | 6,2      | 52.99            | 53.77 |
| 5  | 31   | 90             | 7,5      | 66.97            | 66.80 |
| 6  | 29   | 75             | 6,7      | 55.73            | 55.95 |
| 7  | 33   | 80             | 7        | 55.04            | 57.04 |
| 8  | 30   | 60             | 7,2      | 58.87            | 58.78 |
| 9  | 28   | 75             | 6,8      | 55.73            | 55.95 |
| 10 | 32   | 80             | 6,2      | 58.87            | 58.78 |

Saat menghitung identifikasi Penyakit Blas pada Tanaman Padi, akurasi yang dicapai oleh metode Tsukamoto dengan dataset yang tersedia adalah 97,26%. Selisih akurasi yang dicapai oleh kedua metode identifikasi penyakit blas padi ini adalah 12,76%. Oleh karena itu, metode yang cocok dan lebih akurat untuk mengidentifikasi Penyakit Blas pada Tanaman Padi adalah dengan menggunakan metode Tsukamoto.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembuatan dan pengujian sistem diagnosa tingkat keparahan penyakit padi, maka dapat disimpulkan :

- 1) Hasil perbandingan dari metode Mamdani dan metode Tsukamoto menunjukkan keakurasian yang baik, yaitu diatas 80% dengan selisih keakuratan sebesar 12,76%
- 2) Tingkat akurasi dari metode Mamdani ialah 84.5%, sedangkan metode Tsukamoto 97,26%. Maka, metode yang lebih cocok untuk mencari hasil diagnosa penyakit padi pada kasus diatas ialah metode Tsukamoto.

### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami susun, lebih disarankan menggunakan metode logika fuzzy Tsukamoto dalam sistem diagnosis penyakit. Karena didapatkan tingkat keakurasian hasil diagnosa lebih tepat daripada menggunakan metode logika fuzzy Mamdani. Metode logika fuzzy ini mampu mengatasi ketidakpastian dan ambiguitas dalam data masukan, sehingga dapat memberikan hasil diagnosis yang lebih akurat. Selain itu, diperlukan pengoptimalan performa sistem dengan membandingkan metode logika fuzzy yang lain juga dan menganalisis akurasi dalam konteks penyakit yang spesifik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada penulis yang telah memberikan dukungan finansial dan fasilitas untuk penelitian ini dan membantu dalam pengumpulan data dan memberikan masukan berharga selama penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih kami juga kami sampaikan kepada semua responden/partisipan penelitian yang telah memberikan waktu dan kerjasamanya dalam memberikan data dan informasi yang berharga.

Terima kasih kepada keluarga dan teman-teman kami yang memberikan dukungan moral selama proses penelitian ini.

Akhirnya, kami ingin menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam upaya peningkatan ilmu pengetahuan dan pengembangan penelitian di bidang ini.

## REFERENSI

- [1] P. T. Padi, "Implementasi metode fuzzy mamdani pada sistem pakar untuk diagnosis penyakit tanaman padi," vol. 6, no. 2, pp. 91–98, 2020.
- [2] H. Y. S. Anggoro and Wiwien Hadikurniawati, "Implementasi Fuzzy Case Based Reasoning Untuk Diagnosis Penyakit Tanaman Padi," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 5, no. 1, pp. 82–91, 2022, doi: 10.36595/jire.v5i1.440.
- [3] Z. Zulaika, B. P. Soekarno, and A. Nurmansyah, "Pemodelan Keperahan Penyakit Blas pada Tanaman Padi di Kabupaten Subang," *J. Fitopatol. Indones.*, vol. 14, no. 2, p. 47, 2018, doi: 10.14692/jfi.14.2.47.
- [4] S. Harianto, A. B. Setiawan, and A. P. Sari, "Studi Tentang Penggunaan Metode Scanning Pada Sistem Telemetri Pendeteksi Kerusakan Air Conditioner Kendaraan," *J. Elektr.*, vol. 01, no. 01, p. 47, 2017.
- [5] M. Muliadi, "Analisis Diagnosa Penyakit Tanaman Padi Dengan Metode Fuzzy Inference System Dan Certainty Factor," *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 110, 2018, doi: 10.20527/klik.v5i1.135.
- [6] H. E. W. Candana, I. G. A. Gunadi, and D. G. H. Divayana, "Perbandingan Fuzzy Tsukamoto, Mamdani Dan Sugeno Dalam Penentuan Hari Baik Pernikahan Berdasarkan Wariga Menggunakan Confusion Matrix," *J. Ilmu Komput. Indones.*, vol. 6, no. 2, pp. 14–22, 2021.
- [7] A. Burhanuddin, "Analisis Komparatif Inferensi Fuzzy Tsukamoto, mamdani dan Sugeno Terhadap Produktivitas Padi di Indonesia," vol. 8798, 2023.
- [8] A. Widarma and H. Kumala, "Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Pengguna Listrik Subsidi Dan Nonsubsidi Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: PT. PLN Tanjung Balai)," *J. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 165, 2019, doi: 10.36294/jurti.v2i2.432.
- [9] C. P. P. Maibang and A. M. Husein, "Prediksi Jumlah Produksi Palm Oil Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani," *J. Teknol. dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 2, no. 2, p. 19, 2019, doi: 10.34012/jutikomp.v2i2.528.
- [10] A. N. Sihananto, A. Puspita Sari, H. Khariono, R. Akhmad Fernanda, and D. Cakra Mudra Wijaya, "Implementasi Metode K-Means Untuk Pengelompokan Kasus Covid-19 Tingkat Provinsi Di Indonesia," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 76–85, 2022, doi: 10.33005/jifosi.v3i1.472.
- [11] Hendrawan, A. Haris, E. Rasywir, and Y. Pratama, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Karet dengan Metode Fuzzy Mamdani aBerbasis Web," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 4, pp. 1225–1234, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i4.2521.
- [12] A. I. Falatehan, N. Hidayat, and K. C. Brata, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*

- Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 8, pp. 2373–2381, 2018.
- [13] S. Maryam, E. Bu'ulolo, and E. Hatmi, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Harga Mobil Bekas," *J. Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–14, 2021, [Online]. Available: <https://djournals.com/jieec/article/view/54%0Ahttps://djournals.com/jieec/article/download/54/164>
- [14] A. Herliana, V. A. Setiawan, and R. T. Prasetio, "Penerapan Inferensi Backward Chaining Pada Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Tulang," *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 50–60, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2818.
- [15] P. Muhamad Abor, "REKAYASA PERANGKAT LUNAK GUNA MENENTUKAN PENYAKIT TANAMAN PADI DENGAN METODE FUZZY MAMDANI Jurnal Informasi Dan Komputer Vol : 7 No : 2 Thn .: 2019," pp. 87–96, 2019.
- [16] A. Fathoni, M. Mustain, and R. Wardhani, "Sistem Pendukung Keputusan Penjurusan Siswa Pada Sma Pancamarga 1 Lamongan Menggunakan Metode Fuzzy," *Joutica*, vol. 3, no. 1, p. 151, 2018, doi: 10.30736/jti.v3i1.202.
- [17] S. Neonbeni, G. S. Mada, and F. M. A. Blegur, "Analisis Perbandingan Metode Defuzzifikasi Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Penentuan Produksi Tua Kolo (Sopi Timor) 45% Pada Pabrik Sane Up-Ana Kefamenanu," *J. Saintek Lahan Kering*, vol. 5, no. 2, pp. 34–39, 2023, doi: 10.32938/slk.v5i2.1994.