

Implementasi Fuzzy Tsukamoto Untuk Rekomendasi Dosis Pupuk Padi Di Desa Banjarpanji

Zahroh Salsabila¹, Dodik Arwin Dermawan²

Program Studi Manajemen Informatika Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 6031

¹zahroh.22094@mhs.unesa.ac.id

²dodikdermawan@unesa.ac.id

Abstrak – Padi merupakan komoditas pangan utama yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional, termasuk di Desa Banjarpanji yang menjadikan petani sebagai sumber penghidup masyarakat. Ketidaktepatan penentuan dosis pupuk menyebabkan tidak efisien dalam penggunaan pupuk dan penurunan produktivitas, sehingga diperlukan sistem yang mampu memberikan rekomendasi dosis pupuk secara objektif berdasarkan curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman. Penelitian ini membangun sistem pendukung keputusan berbasis web menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan rule base, inferensi dengan operator minimum, dan defuzzifikasi menggunakan metode weighted average untuk menghasilkan rekomendasi dosis pupuk dalam satuan kg/ha. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi yang sesuai dengan kondisi tanaman serta menghasilkan perhitungan yang sesuai berdasarkan pengujian Black Box dan perbandingan dengan perhitungan manual. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan produktivitas tanaman padi.

Kata kunci - Fuzzy Tsukamoto, Sistem Pendukung Keputusan, Dosis Pupuk, Padi, Logika Fuzzy.

Abstract - Rice is a major food commodity that plays an essential role in national food security, including in Banjarpanji Village, where rice farming serves as the primary livelihood of the community. Inaccurate determination of fertilizer dosage leads to inefficient fertilizer use and reduced crop productivity. Therefore, a system capable of providing objective fertilizer dosage recommendations based on rainfall, soil moisture, and plant age is required. This study develops a web-based Decision Support System using the Fuzzy Tsukamoto method through the stages of fuzzification, rule base construction, inference using the minimum operator, and defuzzification using the weighted average method to generate fertilizer dosage recommendations in kg/ha. The implementation results indicate that the proposed system provides recommendations consistent with field conditions and produces results consistent with manual calculations based on Black Box testing and manual calculation comparisons. The developed system is expected to assist farmers in improving fertilizer use efficiency and increasing rice productivity.

Keywords - Fuzzy Tsukamoto, Decision Support System, Fertilizer Dosage, Rice, Fuzzy Logic.

I. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa L.*) merupakan komoditas pangan utama yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena menjadi makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia [1]. Di Kabupaten Sidoarjo, khususnya Desa Banjarpanji, budidaya tanaman padi menjadi salah satu sumber penghidupan utama masyarakat sehingga peningkatan produktivitas tanaman menjadi aspek yang perlu diperhatikan [2]. Salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas padi adalah ketepatan dalam pemberian dosis pupuk. Pemberian pupuk yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman dapat menurunkan efisiensi penggunaan pupuk, meningkatkan biaya produksi, serta berdampak pada pertumbuhan dan hasil panen padi [3].

Penentuan dosis pupuk tidak hanya dipengaruhi oleh kebutuhan unsur hara tanaman, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman [4]. Curah hujan berpengaruh terhadap dinamika nitrogen di dalam tanah sehingga dapat memengaruhi efektivitas penyerapan unsur hara pada tanaman [5]. Selain itu, pemberian pupuk nitrogen dengan dosis yang tepat terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman padi, sedangkan dosis yang tidak sesuai dapat menurunkan efisiensi pemupukan [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memberikan rekomendasi dosis pupuk berdasarkan kondisi aktual lahan agar penggunaan pupuk menjadi lebih efektif dan efisien.

Metode logika fuzzy merupakan salah satu pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian data melalui representasi nilai dalam bentuk himpunan linguistik. Salah satu metode yang banyak diterapkan adalah Fuzzy Tsukamoto karena mampu menghasilkan keluaran berupa nilai tegas (crisp output) melalui proses fuzzifikasi, pembentukan rule base, inferensi, dan defuzzifikasi [7]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto telah berhasil diterapkan pada sistem pendukung keputusan di bidang pertanian, seperti prediksi panen padi [8] dan pemilihan pupuk untuk tanaman padi [9]. Namun, penelitian yang mengintegrasikan variabel curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman dalam

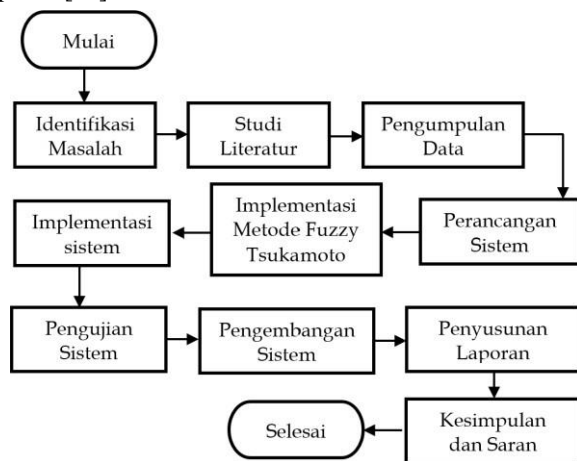
memberikan rekomendasi dosis pupuk padi pada kondisi pertanian di Desa Banjarpanji masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis website menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk memberikan rekomendasi dosis pupuk yang lebih objektif berdasarkan kondisi lahan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis web menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk memberikan rekomendasi dosis pupuk padi di Desa Banjarpanji. Sistem menggunakan tiga variabel masukan, yaitu curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman, untuk menghasilkan rekomendasi dosis pupuk urea dalam satuan kg/ha. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu petani dalam menentukan dosis pupuk secara lebih objektif, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, serta mendukung peningkatan produktivitas tanaman padi.

II. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis website dengan metode waterfall. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, implementasi metode fuzzy tsukamoto, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem[10], serta penyusunan laporan. Tahapan tersebut dilakukan secara berurutan agar sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan mampu memberikan rekomendasi dosis pupuk secara optimal[11].



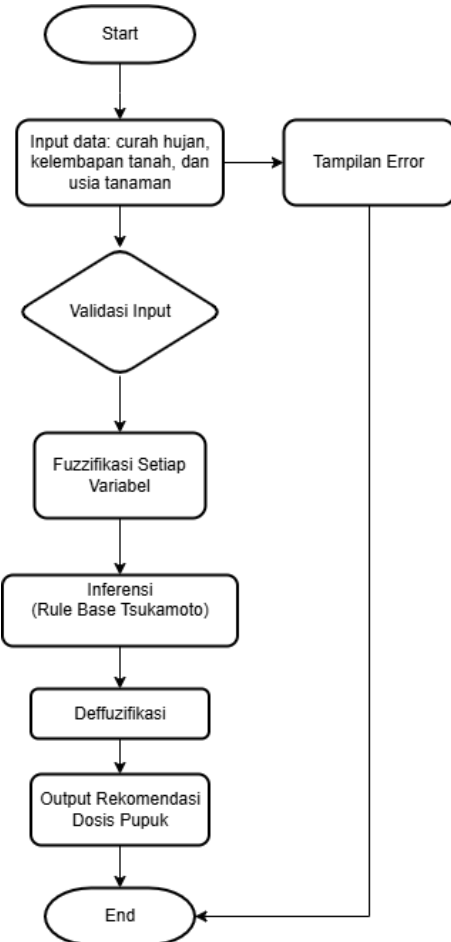
Gambar 1 Alur Penelitian

A. Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui wawancara dengan petani dan ketua kelompok tani di Desa Banjarpanji untuk memperoleh informasi mengenai praktik pemupukan, faktor yang mempengaruhi pemberian pupuk, serta penyusunan rule base. Selain itu, dilakukan observasi langsung pada lahan pertanian untuk

mengetahui kondisi aktual. Data sekunder diperoleh dari dataset *Fertilizer Prediction Dataset*[12] dan *Smart Farming Data 2024 (SF24)* [13] yang tersedia pada platform Kaggle sebagai data pendukung dalam proses simulasi dan pengujian sistem.

B. Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto



Gambar 2 Flowchart Diagram Metode Fuzzy Tsukamoto

Berdasarkan pada Gambar 2, proses sistem diawali dengan memasukkan data curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman sebagai variabel input. Data yang telah diinput kemudian diproses melalui tahap fuzzifikasi untuk memperoleh nilai derajat keanggotaan masing-masing variabel. Selanjutnya, sistem melakukan proses inferensi menggunakan 27 aturan (*rule base*) dengan operator *MIN* untuk menentukan nilai α -predikat setiap aturan. Tahap terakhir adalah defuzzifikasi menggunakan metode *Weighted Average* sehingga diperoleh nilai tegas berupa rekomendasi dosis pupuk.

1) Variabel Penelitian

Variabel input yang digunakan terdiri atas curah hujan (X_1), kelembapan tanah (X_2), dan usia tanaman (X_3),

sedangkan variabel output berupa dosis pupuk (Y). Variabel-variabel tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Input dan Output

No	Kode	Variabel	Jenis
1	X1	Curah Hujan	Input
2	X2	Kelembapan Tanah	Input
3	X3	Usia Tanaman	Input
4	Y	Dosis Pupuk	Output

2) Himpunan Fuzzy

Setiap variabel direpresentasikan ke dalam tiga himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan linear naik, linear turun, dan segitiga (triangular)[14]. Variabel curah hujan terdiri atas kategori rendah, sedang, dan tinggi. Variabel kelembapan tanah terdiri atas kering, normal, dan lembap, sedangkan variabel usia tanaman terdiri atas muda, sedang, dan tua. Variabel output berupa dosis pupuk diklasifikasikan menjadi rendah, sedang, dan tinggi. Rentang nilai masing-masing himpunan fuzzy ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Himpunan Fuzzy Variabel

Variabel	Kategori	Rentang
Curah Hujan	Rendah	0–100 mm/bulan
	Sedang	100–200 mm/bulan
	Tinggi	200–400 mm/bulan
Kelembapan Tanah	Kering	0–40 %
	Normal	40–70 %
	Lembap	70–100 %
Usia Tanaman	Muda	1–40 HST
	Sedang	40–80 HST
	Tua	80–120 HST
Dosis Pupuk	Rendah	0–100 kg/ha
	Sedang	101–200 kg/ha
	Tinggi	201–300 kg/ha

3) Pembentukan Rule Base

Basis aturan terdiri dari 27 aturan IF–THEN yang disusun berdasarkan hasil wawancara dengan petani dan ketua kelompok tani serta didukung literatur. Usia tanaman menjadi faktor utama karena kebutuhan pupuk berbeda pada setiap fase pertumbuhan, sedangkan curah hujan dan kelembapan tanah berperan sebagai faktor penyesuaian yang memengaruhi efektivitas pemberian pupuk.

Tabel 3. Basis Aturan Fuzzy Tsukamoto untuk Rekomendasi Dosis Pupuk

Kode	X1	X2	X3	Y
R1	Rendah	Kering	Muda	Sedang
R2	Rendah	Kering	Sedang	Tinggi
R3	Rendah	Kering	Tua	Sedang
R4	Rendah	Normal	Muda	Rendah
R5	Rendah	Normal	Sedang	Sedang
R6	Rendah	Normal	Tua	Sedang
R7	Rendah	Lembap	Muda	Sedang
R8	Rendah	Lembap	Sedang	Tinggi
R9	Rendah	Lembap	Tua	Rendah
R10	Sedang	Kering	Muda	Sedang
R11	Sedang	Kering	Sedang	Tinggi
R12	Sedang	Kering	Tua	Sedang
R13	Sedang	Normal	Muda	Sedang
R14	Sedang	Normal	Sedang	Tinggi
R15	Sedang	Normal	Tua	Rendah
R16	Sedang	Lembap	Muda	Sedang
R17	Sedang	Lembap	Sedang	Sedang
R18	Sedang	Lembap	Tua	Rendah
R19	Tinggi	Kering	Muda	Sedang
R20	Tinggi	Kering	Sedang	Sedang
R21	Tinggi	Kering	Tua	Rendah
R22	Tinggi	Normal	Muda	Sedang
R23	Tinggi	Normal	Sedang	Sedang
R24	Tinggi	Normal	Tua	Rendah
R25	Tinggi	Lembap	Muda	Rendah
R26	Tinggi	Lembap	Sedang	Rendah
R27	Tinggi	Lembap	Tua	Sedang

4) Proses Inferensi

Tahap inferensi bertujuan untuk menentukan tingkat aktivasi setiap aturan berdasarkan nilai derajat keanggotaan hasil proses fuzzifikasi. Pada metode Fuzzy Tsukamoto, proses inferensi menggunakan operator MIN (AND) sehingga nilai α -predikat diperoleh dari nilai minimum derajat keanggotaan seluruh variabel input.

$$\alpha_i = \min(\mu(X1), \mu(X2), \mu(X3)) \quad (1)$$

Nilai α -predikat yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan nilai keluaran (z) setiap aturan melalui inversi fungsi keanggotaan sesuai dengan konsekuen aturan, yaitu kategori dosis pupuk rendah, sedang, atau tinggi.

5) Defuzzifikasi

Tahap defuzzifikasi merupakan proses akhir pada metode Fuzzy Tsukamoto untuk menghasilkan nilai tegas (crisp value) berupa rekomendasi dosis pupuk. Penelitian ini menggunakan metode Weighted Average (rata-rata terbobot), di mana setiap nilai keluaran (z) dikalikan

dengan nilai α -predikat, kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan total α -predikat seluruh aturan aktif.

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot z_i)}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (2)$$

Hasil defuzzifikasi berupa rekomendasi dosis pupuk dalam satuan kg/ha yang disesuaikan dengan kondisi curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman.

C. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai acuan dalam pengembangan sistem rekomendasi dosis pupuk padi berbasis website menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Tahap ini meliputi analisis kebutuhan sistem serta pemodelan menggunakan Unified Modeling Language (UML) yang terdiri atas Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Class Diagram [15].

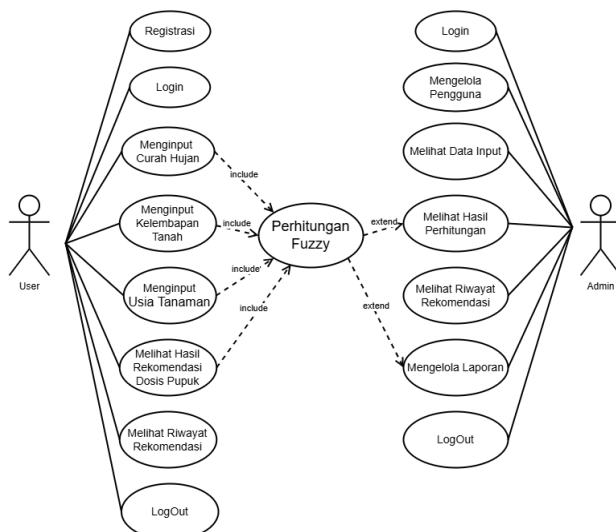
1) Kebutuhan Sistem

Pengembangan sistem menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Sistem

No	Nama	Keterangan
1.	Sistem Operasi	Windows
2.	Server Website	Laragon
3.	Bahasa Pemrograman	PHP,HTML,CSS
4.	DBMS	MySQL
5.	Tools Database	Navicat
6.	Browser Website	Google Chrome
7.	IDE	Visual Studio Code

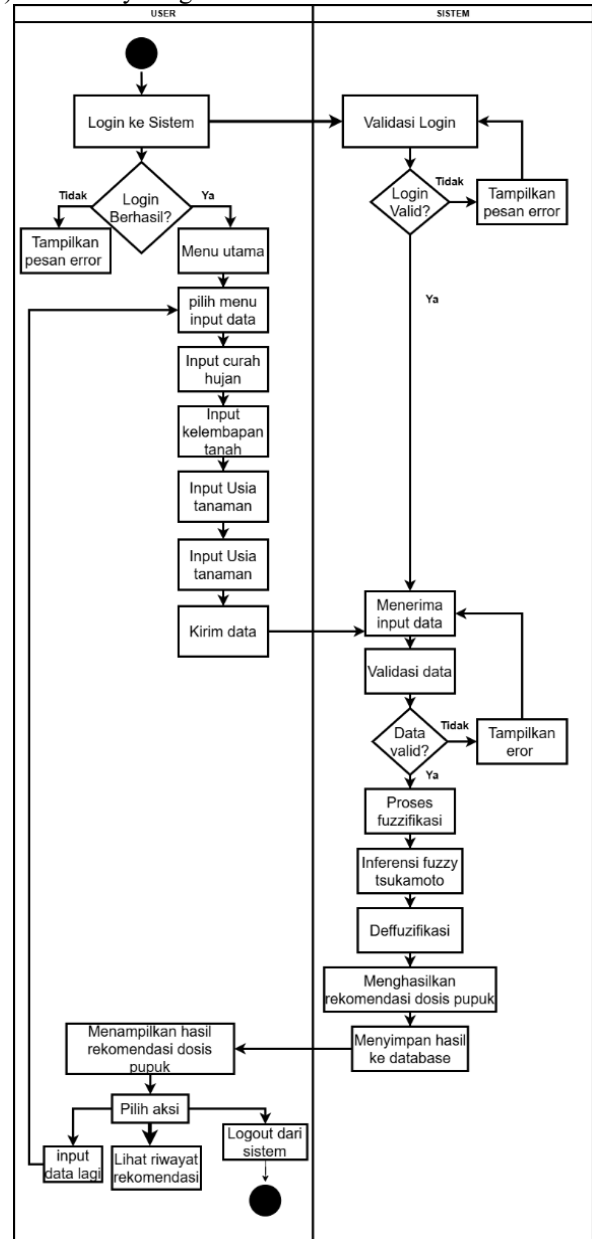
2) Use Case Diagram



Gambar 3 Use Case Diagram

Use Case Diagram menjelaskan interaksi antara admin dan user dengan sistem. Admin memiliki hak akses untuk mengelola data pengguna, melihat data input, mengelola laporan, dan memantau hasil rekomendasi. Sementara itu, petani melakukan login, menginput data curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman untuk memperoleh rekomendasi dosis pupuk serta melihat riwayat perhitungan.

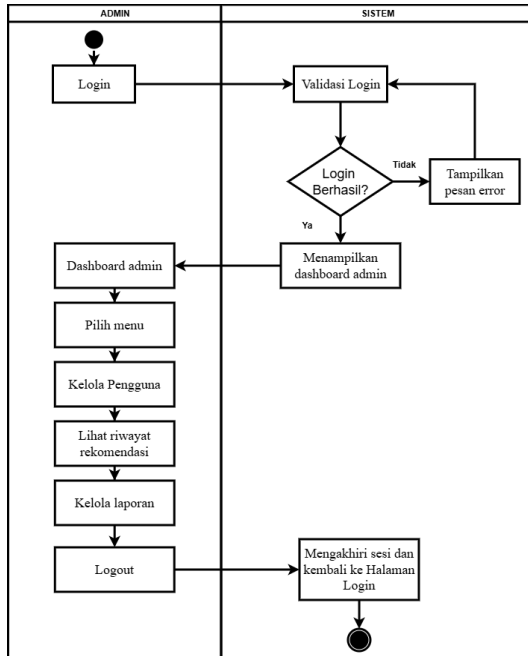
3) Activity Diagram



Gambar 4 Activity Diagram User

Activity Diagram User menggambarkan alur penggunaan sistem oleh petani, dimulai dari proses login hingga memperoleh rekomendasi dosis pupuk. Pengguna memasukkan data curah hujan, kelembapan tanah, dan

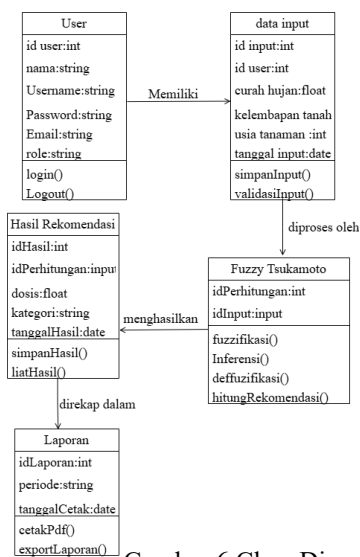
usia tanaman yang selanjutnya divalidasi oleh sistem. Data yang valid diproses menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk menghasilkan rekomendasi dosis pupuk. Hasil perhitungan kemudian ditampilkan kepada pengguna dan disimpan sebagai riwayat perhitungan.



Gambar 5 Activity Diagram Admin

Activity Diagram menggambarkan proses pengelolaan sistem oleh administrator. Admin melakukan login untuk mengakses dashboard, kemudian mengelola data pengguna, memantau data input petani, melihat hasil rekomendasi, serta mengelola laporan. Diagram ini menunjukkan alur kerja administrator dalam menjaga konsistensi data dan mendukung operasional sistem.

4) Class Diagram



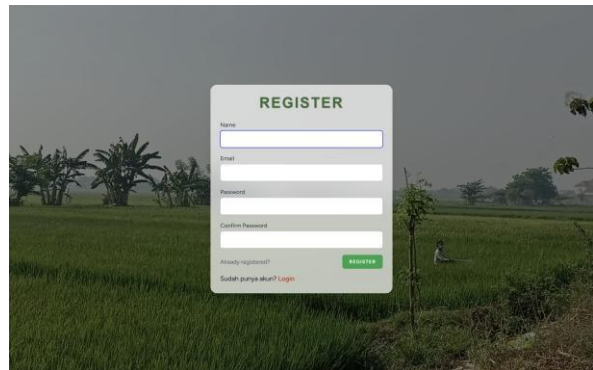
Gambar 6 Class Diagram

Class Diagram menggambarkan struktur kelas pada sistem rekomendasi dosis pupuk yang terdiri atas kelas pengguna, data input, basis aturan (rule base), proses perhitungan Fuzzy Tsukamoto, dan hasil rekomendasi. Diagram ini menunjukkan hubungan antar kelas sebagai dasar implementasi sistem berbasis Laravel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

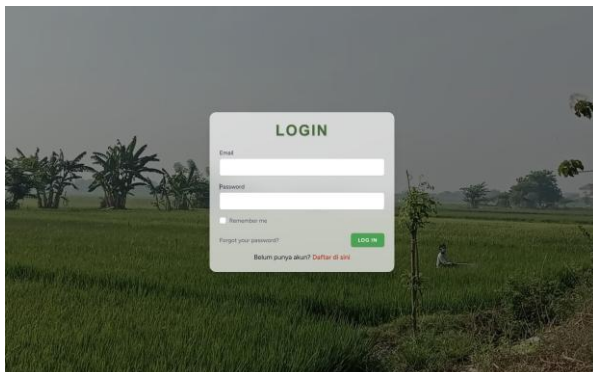
Hasil dan pembahasan pada penelitian ini menyajikan implementasi sistem rekomendasi dosis pupuk padi berbasis website menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Pembahasan meliputi implementasi sistem, proses penerapan metode Fuzzy Tsukamoto, serta hasil pengujian sistem menggunakan metode Black Box Testing, pengujian akurasi melalui perbandingan hasil sistem dengan perhitungan manual, dan User Acceptance Test (UAT). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan dengan baik, implementasi metode Fuzzy Tsukamoto menghasilkan perhitungan yang sesuai dengan perhitungan manual, serta sistem memperoleh tingkat penerimaan pengguna yang baik. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu memberikan rekomendasi dosis pupuk sesuai dengan kondisi curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman.

A. Implementasi Sistem



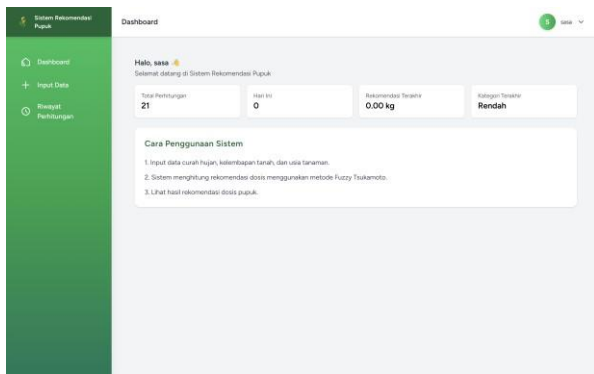
Gambar 7 Halaman Registrasi

Halaman registrasi digunakan untuk membuat akun pengguna dengan mengisi nama, email, dan kata sandi sebelum mengakses sistem.



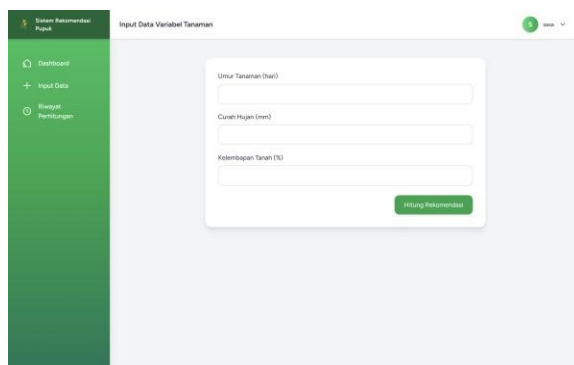
Gambar 8 Halaman Login

Pada halaman login digunakan untuk melakukan proses autentikasi pengguna sebelum mengakses sistem. Pengguna harus memasukkan alamat email dan kata sandi yang telah terdaftar agar dapat masuk ke dalam aplikasi.



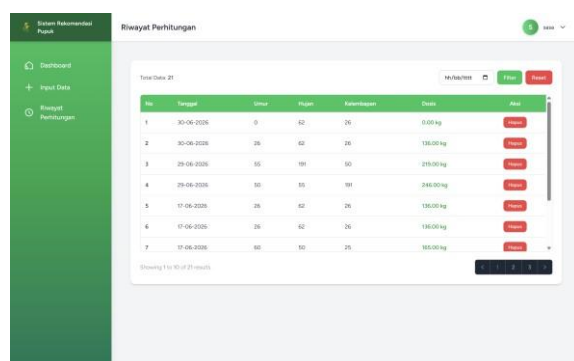
Gambar 9 Halaman Dashboard

Pada halaman dashboard menunjukkan tampilan utama setelah pengguna berhasil login yang menyediakan menu input data dan riwayat perhitungan.



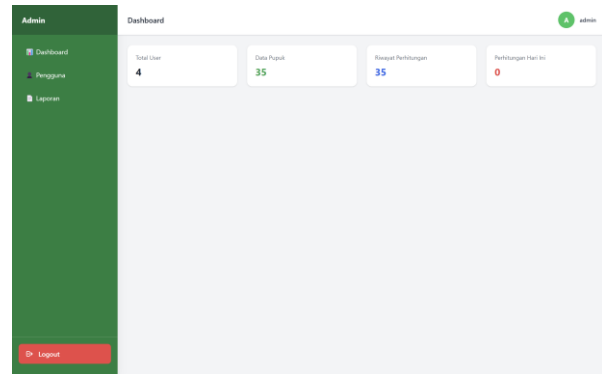
Gambar 10 Halaman Input Data

Halaman input data digunakan untuk memasukkan nilai curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman sebagai variabel dalam proses perhitungan metode Fuzzy Tsukamoto.



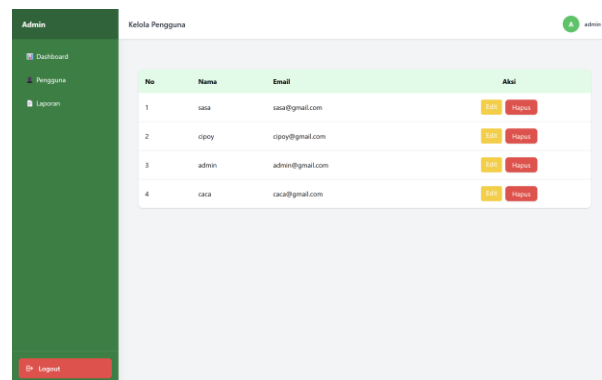
Gambar 11 Halaman Riwayat Perhitungan

Halaman Halaman riwayat perhitungan menampilkan hasil rekomendasi dosis pupuk yang telah dilakukan pengguna, meliputi data input dan hasil rekomendasi.



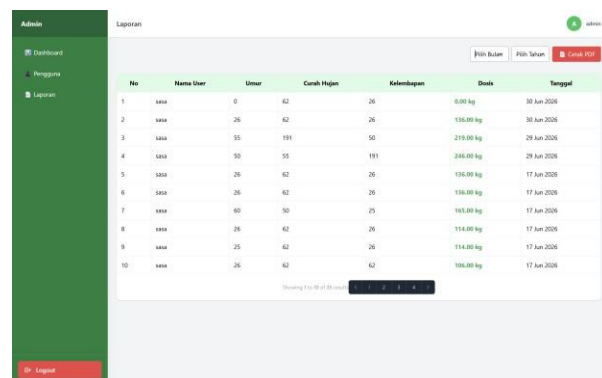
Gambar 12 Halaman Dashboard Admin

Halaman dashboard admin merupakan halaman utama yang menampilkan ringkasan informasi sistem, seperti jumlah pengguna dan total data perhitungan.



Gambar 13 Halaman Kelola Pengguna

Halaman kelola pengguna digunakan oleh administrator untuk melihat, mengubah, dan menghapus data pengguna yang terdaftar pada sistem.



Gambar 14 Halaman Laporan

Halaman laporan digunakan oleh administrator untuk melihat rekapitulasi hasil perhitungan rekomendasi dosis pupuk yang telah dilakukan oleh seluruh pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi nama pengguna, nilai variabel input, hasil rekomendasi dosis pupuk, kategori dosis, serta tanggal perhitungan.

B. Pengujian Sistem

1) Black Box Testing

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode Black Box Testing untuk memverifikasi bahwa seluruh fitur pada sistem rekomendasi dosis pupuk padi berfungsi sesuai dengan kebutuhan fungsional. Pengujian ini dilakukan dengan mengevaluasi kesesuaian antara data masukan dan hasil yang dihasilkan sistem tanpa meninjau struktur atau kode program. Fitur yang diuji mencakup proses autentikasi pengguna, pengelolaan data, proses perhitungan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto, serta penyajian hasil rekomendasi.

Tabel 5. Black Box Testing

No	Fitur	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Registrasi	Pengguna berhasil membuat akun baru	Valid
2	Login	Pengguna berhasil masuk ke sistem menggunakan akun yang terdaftar	Valid
3	Input Data	Sistem menerima data curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman	Valid
4	Perhitungan Fuzzy	Sistem menghasilkan rekomendasi dosis pupuk sesuai metode Fuzzy Tsukamoto	Valid
5	Riwayat Perhitungan	Sistem menyimpan dan menampilkan hasil perhitungan sebelumnya	Valid
6	Dashboard Admin	Sistem menampilkan informasi statistik penggunaan sistem	Valid
7	Kelola Pengguna	Administrator dapat mengubah dan menghapus data pengguna	Valid

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, seluruh fitur yang terdapat pada sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Setiap proses, mulai dari registrasi, login, penginputan data, perhitungan rekomendasi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto, hingga pengelolaan laporan oleh administrator, menghasilkan keluaran yang sesuai dengan skenario

pengujian. Dengan demikian, sistem dinyatakan telah memenuhi aspek fungsionalitas dan siap digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam memberikan rekomendasi dosis pupuk padi.

2) Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi metode Fuzzy Tsukamoto pada sistem menghasilkan keluaran yang sesuai dengan proses perhitungan manual. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil rekomendasi dosis pupuk yang diperoleh dari sistem terhadap hasil perhitungan manual menggunakan delapan data uji yang terdiri atas variabel kelembapan tanah, usia tanaman, dan curah hujan.

Tabel 6 Pengujian Akurasi

No	Kelembapan Tanah	Usia Tana man	Curah Hujan	Hasil Manual	Hasil Sistem	Kategori	Status
1	26	26	62	135,65	135,65	Sedang	Sesuai
2	50	55	191	218,82	218,82	Tinggi	Sesuai
3	25	30	66	126,38	126,38	Sedang	Sesuai
4	49	65	84	116,84	116,84	Sedang	Sesuai
5	37	45	107	208,42	208,42	Tinggi	Sesuai
6	64	75	125	225,75	225,75	Tinggi	Sesuai
7	32	35	71	113,69	113,69	Sedang	Sesuai
8	57	57	50	150,50	150,50	Sedang	Sesuai

Tingkat akurasi sistem dihitung berdasarkan jumlah data yang memiliki hasil perhitungan sesuai antara proses manual dan sistem terhadap jumlah keseluruhan data uji.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data sesuai}}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{8}{8} \times 100\% = 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6, seluruh data uji menghasilkan nilai rekomendasi dosis pupuk yang sama antara perhitungan manual dan hasil yang diperoleh dari sistem. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi metode Fuzzy Tsukamoto telah berjalan sesuai dengan perancangan, sehingga proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi yang diterapkan pada sistem mampu menghasilkan rekomendasi dosis pupuk secara konsisten. Dengan demikian, sistem memperoleh tingkat akurasi sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa implementasi metode telah sesuai dengan aturan (rule base) yang digunakan dalam penelitian.

3) User Acceptance Test (UAT)

User Acceptance Test (UAT) dilaksanakan untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem rekomendasi dosis pupuk padi berbasis website yang telah dikembangkan. Pengujian ini melibatkan 20 responden yang terdiri dari petani dan ketua kelompok tani di Desa Banjarpanji. Proses penilaian menggunakan kuesioner dengan skala Likert lima tingkat, yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Netral (N), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Evaluasi dilakukan terhadap beberapa

aspek, meliputi kemudahan dalam penggunaan sistem, tampilan antarmuka, kecepatan proses perhitungan, kesesuaian hasil rekomendasi dosis pupuk, serta manfaat sistem dalam membantu pengguna menentukan dosis pupuk yang tepat.

Tabel 8 Perhitungan Skor Hasil UAT

No	Skor Total (1-5)
1	$(8 \times 4) + (12 \times 5) = 32 + 60 = \mathbf{92}$
2	$(14 \times 4) + (6 \times 5) = 56 + 30 = \mathbf{86}$
3	$(12 \times 4) + (8 \times 5) = 48 + 40 = \mathbf{88}$
4	$(10 \times 4) + (10 \times 5) = 40 + 50 = \mathbf{90}$
5	$(14 \times 4) + (6 \times 5) = 56 + 30 = \mathbf{86}$
6	$(13 \times 4) + (7 \times 5) = 52 + 35 = \mathbf{87}$
7	$(11 \times 4) + (9 \times 5) = 44 + 45 = \mathbf{89}$
8	$(9 \times 4) + (11 \times 5) = 36 + 55 = \mathbf{91}$
9	$(10 \times 4) + (10 \times 5) = 40 + 50 = \mathbf{90}$
10	$(9 \times 4) + (11 \times 5) = 36 + 55 = \mathbf{91}$
11	$(9 \times 4) + (11 \times 5) = 36 + 55 = \mathbf{91}$
12	$(10 \times 4) + (10 \times 5) = 40 + 50 = \mathbf{90}$
13	$(13 \times 4) + (7 \times 5) = 52 + 35 = \mathbf{87}$
14	$(7 \times 4) + (13 \times 5) = 28 + 65 = \mathbf{93}$
15	$(16 \times 4) + (4 \times 5) = 64 + 20 = \mathbf{84}$
16	$(1 \times 3) + (7 \times 4) + (12 \times 5) = 3 + 28 + 60 = \mathbf{91}$
17	$(11 \times 4) + (9 \times 5) = 44 + 45 = \mathbf{89}$
18	$(12 \times 4) + (8 \times 5) = 48 + 40 = \mathbf{88}$
19	$(10 \times 4) + (10 \times 5) = 40 + 50 = \mathbf{90}$
20	$(8 \times 4) + (12 \times 5) = 32 + 60 = \mathbf{92}$

Persentase tingkat penerimaan pengguna dihitung menggunakan

$$\text{Persentase UAT} = \frac{\text{Total skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Tingkat Kepuasan (\%)} = \frac{1785}{2000} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Kepuasan (\%)} = 89\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, sistem memperoleh nilai 89,25% yang termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna, mampu menghasilkan rekomendasi dosis pupuk yang sesuai dengan kebutuhan, serta memberikan manfaat dalam membantu proses pengambilan keputusan penentuan dosis pupuk padi. Tingginya tingkat penerimaan pengguna menunjukkan bahwa sistem layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam memberikan rekomendasi dosis pupuk berdasarkan kondisi curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman.

C. Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem rekomendasi dosis pupuk padi berbasis website menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto

telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Hasil Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem dapat berjalan dengan baik. Sementara itu, pengujian akurasi menghasilkan tingkat kesesuaian sebesar 100% antara hasil perhitungan manual dan hasil yang dihasilkan oleh sistem. Selain itu pengujian *User Acceptance Test* (UAT) memperoleh nilai 89,25%, yang mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat penerimaan pengguna yang sangat baik.

Hasil tersebut membuktikan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto dapat diterapkan secara efektif untuk menghasilkan rekomendasi dosis pupuk berdasarkan variabel curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan mampu membantu petani dalam menentukan dosis pupuk secara lebih cepat, objektif, dan sesuai dengan kondisi tanaman.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode Fuzzy Tsukamoto pada sistem pendukung keputusan berbasis web untuk memberikan rekomendasi dosis pupuk padi di Desa Banjarpanji. Sistem dibangun menggunakan tiga variabel masukan, yaitu curah hujan, kelembapan tanah, dan usia tanaman, dengan 27 *rule base* yang disusun berdasarkan pengetahuan ahli dan hasil wawancara dengan petani. Implementasi metode Fuzzy Tsukamoto mampu menghasilkan rekomendasi dosis pupuk dalam satuan kg/ha secara objektif sesuai dengan kondisi tanaman dan lingkungan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi dosis pupuk yang konsisten dengan perhitungan manual. Perbandingan antara hasil perhitungan manual dan keluaran sistem pada delapan data sampel memperoleh tingkat kesesuaian sebesar 100%, sehingga implementasi metode Fuzzy Tsukamoto pada sistem dinyatakan berjalan dengan benar sesuai dengan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi yang telah dirancang.

Selain itu, hasil pengujian *User Acceptance Test* (UAT) yang melibatkan 20 responden, terdiri atas petani dan ketua kelompok tani di Desa Banjarpanji, menunjukkan tingkat penerimaan sistem yang sangat baik. Sistem memperoleh total skor 1.785 dari skor maksimum 2.000 atau tingkat kepuasan sebesar 89%, yang menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan, informatif, serta layak diterapkan sebagai alat bantu dalam menentukan rekomendasi dosis pupuk padi. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan variabel seperti jenis tanah, varietas padi, dan kondisi irigasi serta mengintegrasikan data cuaca secara *real-time* agar rekomendasi yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan adaptif terhadap kondisi lapangan.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik. (2024). Konsumsi beras per kapita di Indonesia tahun 2024. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

- [2] Dinas Pertanian Kabupaten Sidoarjo. (2023). Laporan tahunan produksi dan penggunaan pupuk tanaman padi. Dinas Pertanian Kabupaten Sidoarjo.
- [3] Kakar, K., Xuan, T. D., Noori, Z., Aryan, S., & Gulab, G. (2020). Effects of organic and inorganic fertilizer application on growth, yield, and grain quality of rice. *Agriculture (Switzerland)*, 10(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110544>
- [4] S, V., D, L. G., CH, H. R., R, M. K., & RM, S. (2023). Efficient Nitrogen Management Technologies for Sustainable Rice Production. *Journal of Rice Research*, 15(2). <https://doi.org/10.58297/VZZH6068>
- [5] Wang, Q., Yang, J., Heidbüchel, I., Xu, T., & Lu, C. (2025). *The effect of rainfall variability on Nitrogen dynamics in a small agricultural catchment*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-676>
- [6] Yusril, L. O. M., Bande, L. O. S., & Hasan, A. (2024). Effect of Nitrogen Fertilizer Dosage on Disease Severity for Growth and Production of Rice Plants. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 9(5), 490–498. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v9i5.1546>
- [7] Kartika, D., & Safitri, W. (2024). Agriculture Application to Predict Soil Fertility with the Application of Fuzzy Tsukamoto. *KnE Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v6i1.15349>
- [8] Farismana, R., Sholihah, D. N., Pramadhana, D., & Lena, S. (2024). IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM SISTEM PREDIKSI PANEN PADI DI KABUPATEN INDRAMAYU. *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, 12(2), 100–110. <https://doi.org/10.21063/jtif.2024.v12.2.100-110>
- [9] Imanuloh, N. R., Kuswulandari, R., Listiani, T., & Hartanti, D. (n.d.). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pupuk Terbaik untuk Tanaman Padi Di Desa Panggisari dengan Metode Fuzzy.
- [10] Fauzan Azrial, M., & Fadillah, N. (2020). Terbit online pada laman web jurnal: <https://ejurnalunsam.id/index.php/jitkom/> Sistem Informasi Pengangkutan Pupuk Menggunakan Metode Waterfall (Studi Kasus PT. Pupuk Iskandar Muda, Aceh Utara). *Jurnal Informatika Dan Teknologi Komputer*, 01(02), 75–81. <https://ejurnalunsam.id/index.php/jitkom/>
- [11] Sri Rahayu, Y., Saputra, Y., Irawan, D., Muhammadiyah Karanganyar, U., Teknologi Bisnis Riau Program Studi Teknik Komputer, I., Sains Dan Teknologi Jl Raya Solo-TawangmanguKm, F., Tasikmadu, K., & Karanganyar, K. (2024). IMPLEMENTASI METODE WATERFALL PADA PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MOBILE E-DISARPUS. In *Jurnal Sistem Informasi* (Vol. 6, Issue 2).
- [12] G. D. Abhishek, "Fertilizer Prediction Dataset," Kaggle, 2023. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/gdabhishek/fertilizer-prediction>
- [13] G. D. Abhishek, "Fertilizer Prediction Dataset," Kaggle, 2023. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/gdabhishek/fertilizer-prediction>
- [14] Hutahaeen, J., & Hutagalung, J. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Teknisi Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), 846.
- [15] Yusman, N. I. (n.d.). PERANCANGAN SISTEM INFORMASI BERBASIS ORIENTASI OBJEK MENGGUNAKAN STAR UML DI CV NIASA BANDUNG.