

## SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN PEPAYA BERBASIS FUZZY LOGIC MAMDANI: PENDEKATAN EFISIEN UNTUK IDENTIFIKASI DINI

<sup>1)</sup> Arifinal, <sup>2)</sup> Wahyu Fuadi, <sup>3)</sup> Ar Razi

<sup>1,2,3)</sup> Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh

<sup>1,2,3)</sup> Jl. Batam, Bukit Indah - Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

E-Mail : <sup>1)</sup> [Arifinal.180170029@mhs.unimal.ac.id](mailto:Arifinal.180170029@mhs.unimal.ac.id), <sup>2)</sup> [wahyu.fuadi@unimal.ac.id](mailto:wahyu.fuadi@unimal.ac.id), <sup>3)</sup> [ar.razi@unimal.ac.id](mailto:ar.razi@unimal.ac.id)

### ABSTRAK

Pepaya merupakan salah satu komoditas hortikultura yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Namun, tanaman ini rentan terhadap berbagai jenis penyakit yang dapat menurunkan produktivitas dan kualitas buah. Pengetahuan yang terbatas di kalangan petani dalam mengidentifikasi gejala awal penyakit menjadi faktor utama kegagalan dalam pengendalian penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani untuk membantu dalam penentuan jenis penyakit pada tanaman pepaya. Sistem ini memanfaatkan teknik inferensi fuzzy yang mampu menangani data yang tidak pasti dan bersifat linguistik, serta dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dan basis data MySQL. Proses diagnosis dilakukan berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna, kemudian diproses melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menghasilkan jenis penyakit yang paling mungkin beserta tingkat kepastiannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memberikan diagnosis yang akurat dan sesuai dengan analisis manual oleh pakar berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Oleh karena itu, sistem pakar ini menjadi solusi efektif untuk mendukung identifikasi penyakit pada tanaman pepaya secara cepat dan tepat.

**Kata Kunci:** Fuzzy logic mamdani, Sistem Pakar, Tanaman Pepaya, Diagnosis Penyakit, Algoritma Genetika. Python, MySQL.

### ABSTRACT

*Papaya is one of the most widely cultivated horticultural commodities in Indonesia. However, this plant is susceptible to various diseases that can reduce productivity and fruit quality. Limited knowledge among farmers in identifying early disease symptoms is a major factor in failure in disease control. This research aims to develop an expert system using the Mamdani Fuzzy Logic method to assist in determining types of diseases in papaya plants. The system utilizes fuzzy inference techniques capable of handling uncertain and linguistic data, and is built using the Python programming language and MySQL database. Diagnosis is performed based on symptoms entered by users, processed through fuzzification, inference, and defuzzification stages to produce the most probable disease type and its certainty level. The test results show that the system provides accurate diagnoses that align with manual expert analysis using predefined fuzzy rules. Therefore, the expert system serves as an effective solution for supporting fast and accurate identification of diseases in papaya plants.*

**Keywords:** Mamdani Fuzzy Logic, expert system, papaya plant, disease diagnosis, Python, MySQL.

### PENDAHULUAN

Tanaman pepaya (*Carica papaya L*) merupakan salah satu jenis tanaman buah dari famili *Caricaceae* yang berasal dari kawasan Amerika Tengah, Hindia Barat, serta wilayah sekitar Meksiko dan Costa Rica[1]. Tanaman ini tumbuh subur di berbagai kondisi geografis baik di daerah tropis maupun subtropis, basah maupun kering, serta di dataran rendah hingga dataran tinggi. Pepaya termasuk buah tropis yang berpotensi besar untuk dikembangkan

sebagai komoditas pertanian karena kandungan gizinya yang tinggi serta kemudahan dalam budidayanya. Buah pepaya dikenal mengandung vitamin A, vitamin C, dan mineral seperti kalsium yang sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh[2].

Secara taksonomi, pepaya memiliki empat genus utama, yaitu *Carica*, *Jarilla*, *Jacaranta*, dan *Cylicomoroph*. Tiga di antaranya berasal dari wilayah tropis Amerika, sementara satu genus yaitu *Cylicomoroph* berasal dari Afrika [3]. Nama “pepaya” dalam bahasa Indonesia berasal

dari adaptasi bahasa Belanda "papaja", yang sebelumnya diambil dari bahasa Arawak. Di Jawa sendiri, pepaya dikenal dengan sebutan "kates". Sebagai tanaman buah, pepaya memerlukan curah hujan yang ideal antara 1000–2000 mm/tahun untuk tumbuh dengan optimal.

Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat cocok untuk budidaya pepaya karena kondisi iklim dan tanah yang mendukung. Oleh karena itu, tanaman pepaya cukup mudah ditemui hampir di seluruh wilayah Indonesia dan menjadi salah satu komoditas yang banyak dibudidayakan oleh petani lokal [4]. Tanaman ini tumbuh dengan cepat dan tidak memerlukan perawatan yang terlalu rumit, menjadikannya favorit di kalangan petani kecil maupun besar.

Meskipun demikian, untuk menghasilkan buah pepaya yang berkualitas tinggi, diperlukan perhatian khusus sejak proses pembibitan, penanaman, hingga pemupukan. Tanaman pepaya juga rentan terhadap serangan hama dan penyakit yang dapat menurunkan produktivitas bahkan menyebabkan gagal panen. Serangan hama merupakan salah satu bentuk cekaman biotik yang berdampak pada kesenjangan antara hasil potensial dan hasil aktual yang dicapai oleh petani.

Penanggulangan terhadap penyakit tanaman pepaya membutuhkan pengetahuan dan keahlian khusus agar tindakan yang diambil tidak merusak ekosistem dan lingkungan. Identifikasi terhadap gejala penyakit sejak dini sangat penting dilakukan agar penyebaran tidak meluas. Sayangnya, banyak petani yang masih kurang memahami tanda-tanda awal penyakit tanaman sehingga sering terlambat melakukan tindakan pencegahan atau pengobatan. Hal ini mengakibatkan hasil panen menjadi tidak maksimal atau bahkan

mengalami kegagalan total. Diperlukan peran aktif dari penyuluh pertanian atau tenaga ahli yang mampu memberikan pemahaman dan solusi terhadap gejala penyakit pada tanaman pepaya. keterbatasan jumlah penyuluh pertanian menjadi salah satu faktor rendahnya pengetahuan petani terhadap penyakit tanaman pepaya Berdasarkan data BPS (2022), rasio penyuluh pertanian terhadap jumlah petani di Indonesia hanya sekitar 1:1000, jauh dari ideal [5]

Kendala lain yang dihadapi dalam proses penyuluhan adalah keterbatasan jumlah tenaga penyuluh dan sistem penyimpanan data yang masih konvensional dalam bentuk laporan tertulis. Saat petani membutuhkan informasi atau konsultasi mengenai permasalahan tanaman, penyuluh harus kembali mencari referensi dari dokumen lama, yang tentunya memakan waktu dan tidak efisien. Keterbatasan ini menjadi tantangan dalam menyediakan solusi cepat dan tepat kepada petani.

Sebagai solusi dari permasalahan ini tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga menyulitkan petani mengambil tindakan pencegahan yang tepat waktu. Melihat kondisi tersebut, dibutuhkan suatu pendekatan berbasis teknologi yang mampu membantu petani dalam mengenali jenis penyakit secara cepat dan akurat. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengembangan sistem pakar dengan logika Fuzzy Mamdani, yang mampu menangani ketidakpastian data dan meniru proses pengambilan keputusan seperti seorang pakar. Salah satu teknologi yang potensial untuk diterapkan adalah sistem pakar berbasis *Fuzzy Logic Mamdani*. Metode ini mampu merepresentasikan cara berpikir seorang pakar secara intuitif dan mendekati kenyataan dalam proses pengambilan

keputusan. Dengan *Fuzzy Logic Mamdani*, pengetahuan dan keahlian penyuluh pertanian dapat ditransfer ke dalam sistem pakar, sehingga mampu memberikan diagnosis awal terhadap penyakit tanaman pepaya secara cepat dan akurat. Oleh karena itu, penulis mengajukan penelitian dengan judul **“Implementasi Fuzzy Logic Mamdani Pada Sistem Pakar Untuk Penentuan Jenis Penyakit Tanaman Pepaya”** sebagai upaya untuk menghadirkan solusi berbasis teknologi terhadap permasalahan yang dihadapi oleh petani pepaya di Indonesia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Fuzzy

Fuzzy Inference System merupakan kerangka kerja perhitungan berbasis teori himpunan fuzzy dan logika fuzzy yang digunakan untuk pengambilan keputusan dari sekumpulan kaidah fuzzy, di mana minimal terdapat dua aturan fuzzy dalam sistem ini. Sistem ini terbagi menjadi dua metode utama, yaitu Metode Sugeno dan Metode Fuzzy Mamdani [6].

Perbedaan utama keduanya terletak pada bentuk output dan proses defuzzifikasinya. Metode Sugeno menghasilkan output berupa fungsi linear atau konstanta, sedangkan Metode Fuzzy Mamdani menghasilkan nilai linguistik dalam domain fuzzy, yang dinilai lebih intuitif dan sesuai dengan logika manusia [7]. Oleh karena itu, metode Mamdani dianggap lebih akurat dalam menggambarkan keputusan berbasis fuzzy.

Logika fuzzy merupakan suatu pendekatan matematis yang dirancang untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data. Berbeda dengan logika biner yang hanya mengenal nilai benar (1) atau salah (0), logika fuzzy memungkinkan nilai

di antara keduanya (rentang 0 hingga 1), sehingga cocok untuk merepresentasikan konsep yang bersifat linguistik seperti *"daun sedikit menguning"*, *"batang cukup lembek"*, atau *"bintik hampir menyebar"*.

### B. Metode Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan bagian dari Fuzzy Inference System yang digunakan dalam pengambilan keputusan berbasis logika manusia. Prosesnya terdiri dari empat tahap utama, yaitu pembentukan himpunan fuzzy, penerapan fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi [8]. Inferensi fuzzy menggunakan metode Mamdani Min-Max yang mendekati pola pikir manusia. Rumus inferensinya:

$$\mu_{sf}[y_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[y_i], \mu_{kf}[y_i])$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[y_i]$  = derajat keanggotaan saat ini (sebelum update) untuk nilai  $y_i$ .

$\mu_{kf}[y_i]$  = derajat keanggotaan yang dihasilkan oleh aturan ke-k untuk  $y_i$

max = memilih nilai maksimum dari kedua derajat keanggotaan.

Selanjutnya, tahap defuzzifikasi digunakan untuk mengubah hasil fuzzy menjadi nilai crisp menggunakan rumus:

$$Y = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)}$$

Keterangan :

$y$  = nilai output (misal: nilai crisp yang menjadi keluaran)

$\mu_R(y)$  = derajat keanggotaan fuzzy dari  $y$  berdasarkan aturan-aturan fuzzy yang sudah digabungkan (agregasi)

$\sum y \mu_R(y)$  = total dari hasil kali nilai output dengan derajat keanggotaan

$\sum \mu_R(y)$  = total derajat keanggotaan

### C. Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan sistem yang dirancang untuk meniru proses pengambilan keputusan seorang ahli dengan mengadopsi pengetahuan manusia ke dalam komputer, sehingga dapat menyelesaikan permasalahan kompleks yang biasanya hanya bisa ditangani oleh pakar [9]. yang menggunakan metode backward chaining sebagai mekanisme inferensinya. Pada metode backward chaining, proses penalaran dilakukan secara deterministik, yaitu sistem akan menarik kesimpulan berdasarkan pencocokan langsung antara fakta (gejala) dan basis aturan. Pendekatan ini cocok untuk kasus diagnosis yang bersifat pasti dan logis, namun memiliki kelemahan ketika dihadapkan pada gejala yang samar, tidak lengkap, atau bersifat linguistik, seperti "*daun sedikit menguning*" atau "*batang agak lembek*".

Tujuan utamanya adalah mentransfer keahlian dari pakar ke komputer, lalu kepada pengguna yang bukan ahli melalui empat aktivitas utama: akuisisi pengetahuan, representasi pengetahuan dalam basis data, proses inferensi berdasarkan aturan yang tersimpan, serta transfer pengetahuan ke pengguna akhir. Secara struktural, sistem pakar terdiri dari dua lingkungan utama: lingkungan pengembangan yang berfungsi untuk menginput pengetahuan pakar, dan lingkungan konsultasi yang digunakan oleh pengguna dalam memperoleh solusi atau informasi dari sistem tersebut.

### D. Tanaman Pepaya

Tanaman pepaya (*Carica papaya*) berasal dari Amerika Tengah dan Hindia Barat, kemudian menyebar ke berbagai wilayah tropis termasuk Asia dan Afrika [10].

Dikenal sebagai "buah para malaikat" oleh Columbus, pepaya kini menjadi komoditas penting secara global. Tanaman ini memiliki pohon tak bercabang dengan tinggi 5–10 meter dan tiga jenis kelamin (jantan, betina, hermafrodit) serta buah yang berubah warna dari hijau ke kuning saat matang (Bonaditya, 2014). Jenis pepaya populer di Indonesia antara lain Pepaya Bangkok, Solo F1, Callina (Pepaya California), Gunung, dan Pepaya Hias.

### E. Penyakit Tanaman Pepaya

Penyakit dan hama yang umum menyerang tanaman pepaya antara lain kutu perisai (*Aspidiotus destructor*), kutu dompolan (*Planococcus citri*), tungau merah (*Tetranychus spp.*), dan kutu putih pepaya (*Paracoccus marginatus*). Keempat jenis hama ini dapat menimbulkan kerusakan serius pada daun, batang, dan buah, serta berdampak pada penurunan hasil panen dan peningkatan biaya produksi jika tidak dikendalikan dengan baik.

### F. Python

Python adalah bahasa pemrograman serbaguna yang populer karena sintaksnya sederhana dan penggunaannya luas, mulai dari pengembangan web hingga analisis data dan machine learning. Sekitar 50% responden survei Stack Overflow 2022 menggunakannya dalam pekerjaan. Python juga digemari non-programmer karena kemudahan penggunaannya. Dalam pengembangannya, Python didukung oleh kerangka kerja berupa paket dan modul, baik full stack untuk aplikasi besar maupun micro framework untuk kebutuhan dasar yang bisa diperluas. Pemilihan Python sebagai bahasa pemrograman didasarkan pada fleksibilitasnya dalam mengimplementasikan logika fuzzy,

khususnya metode Mamdani, melalui pustaka seperti *scikit-fuzzy*. Python juga dikenal mudah dipahami dan memiliki komunitas yang luas, sehingga mendukung proses pengembangan sistem. Sementara itu,

#### G. MySQL

MySQL adalah sistem manajemen basis data yang berbasis SQL (Structured Query Language) dan dikembangkan oleh TcX Data Konsult AB pada tahun 1994 di Swedia. MySQL banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi web karena bersifat open source, portabel, mendukung multiuser, serta memiliki performa tinggi dalam menangani query sederhana. Keunggulannya mencakup keamanan berlapis, skalabilitas tinggi (hingga miliaran baris data), dukungan konektivitas luas (TCP/IP, Unix socket, Named pipes), antarmuka API untuk berbagai bahasa pemrograman, serta kemampuan lokalitas dalam lebih dari 20 bahasa., MySQL dipilih sebagai basis data karena memiliki skalabilitas yang baik dan mampu menangani data dalam jumlah sedang hingga besar secara efisien. Kedua tools ini juga mudah diintegrasikan, sehingga memudahkan dalam membangun sistem pakar yang stabil dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

### III. METODE

#### A. Tempat Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Cot Seurani, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara, dengan fokus pada keluhan penyakit serta gejala yang muncul pada tanaman pepaya. Penelitian dilaksanakan sejak Desember 2024 hingga selesai.

#### B. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian meliputi:

##### 1. Instrumen Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah:

- Kuesioner untuk memperoleh data gejala dari ahli atau petani berpengalaman.
- Observasi Langsung di lapangan untuk melihat gejala nyata pada tanaman.
- Wawancara Semi-Terstruktur guna menggali informasi mendalam dari narasumber.
- Studi Literatur untuk mendukung teori terkait gejala penyakit pepaya.

##### 2. Validasi Instrumen

Validitas diuji melalui content dan construct validity dengan bantuan ahli, sedangkan reliabilitas diuji menggunakan Cronbach's Alpha dan inter-rater reliability. Uji coba instrumen dilakukan pada kelompok kecil sebelum penerapan utama. Untuk mengukur reliabilitas instrumen kuesioner yang digunakan dalam evaluasi sistem pakar, dilakukan uji statistik menggunakan metode Cronbach's Alpha. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai  $\alpha = 0.82$ , yang berarti bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang tinggi dan tergolong reliabel.

Nilai tersebut berada di atas ambang batas 0.70, yang secara umum digunakan sebagai threshold minimum reliabilitas dalam penelitian sosial dan teknologi. Dengan demikian, kuesioner yang digunakan layak untuk dijadikan alat ukur dalam menilai kepuasan dan persepsi pengguna terhadap sistem pakar penentuan penyakit tanaman pepaya.

#### C. Analisis dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh divalidasi untuk memastikan akurasi dan relevansinya. Validasi dilakukan oleh ahli dan diuji secara

statistik. Data yang valid digunakan dalam pembangunan sistem pakar dan diuji melalui studi kasus nyata.

#### D. Analisis Sistem

Analisis sistem lama dilakukan untuk memahami prosedur konvensional. Sistem baru dikembangkan menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani untuk klasifikasi gejala dan diagnosis penyakit berdasarkan rule berbasis logika fuzzy.

#### E. Analisis dan Perancangan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis fuzzy logic dalam mendiagnosis penyakit pada tanaman pepaya. Perancangan sistem dilakukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan pengguna dan karakteristik gejala yang diperoleh dari lapangan.

##### a. Perancangan Sistem

Perancangan sistem meliputi tiga komponen utama:

- **Basis Data:** Dirancang untuk menyimpan informasi gejala, penyakit, aturan fuzzy, serta hasil diagnosis. Struktur database disusun agar mampu menunjang proses inferensi dan pelacakan data.
- **Struktur Menu:** Sistem terdiri dari menu input gejala, proses diagnosis, manajemen data, dan tampilan hasil diagnosis. Struktur ini dirancang sederhana agar dapat digunakan oleh petani maupun tenaga teknis.
- **Antarmuka (User Interface):** Desain antarmuka mengedepankan kemudahan penggunaan (user-friendly), dengan tata letak yang intuitif dan navigasi yang jelas untuk memfasilitasi input dan interpretasi hasil.

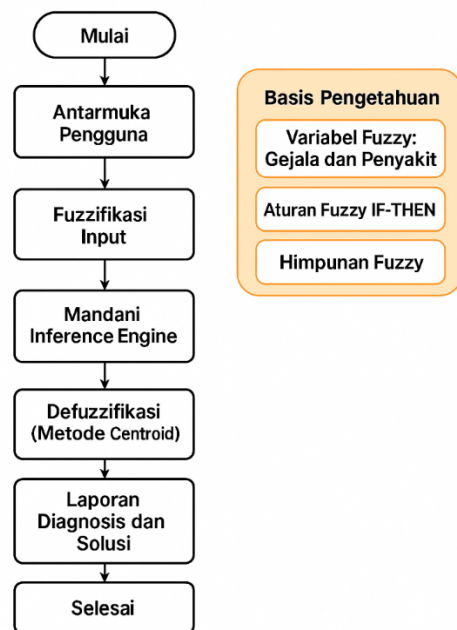
##### b. Implementasi Sistem

Sistem diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan basis data MySQL. Fungsi utama mencakup input data gejala, pengolahan inferensi fuzzy, penyimpanan hasil, dan otorisasi pengguna. Sistem ini dirancang untuk mampu menangani proses diagnosis secara otomatis dan efisien.

##### c. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box untuk memastikan setiap fungsi berjalan sesuai spesifikasi, serta User Acceptance Test (UAT) untuk mengukur tingkat keterterimaan sistem oleh pengguna. Validitas sistem juga diuji melalui pencocokan hasil diagnosis dengan pendapat ahli.

##### F. Skema Sistem



Gambar 1. Skema Sistem

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic Mamdani untuk mendiagnosis penyakit tanaman pepaya berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh

pengguna. Sistem ini membantu petani mengenali penyakit secara lebih akurat dibandingkan observasi manual.

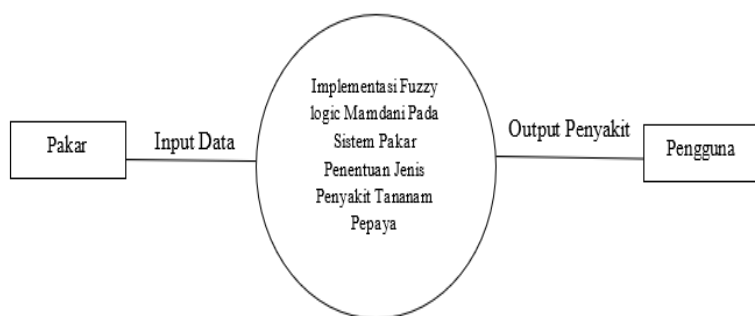
#### A. Analisis Masalah

Kesalahan identifikasi sering terjadi karena kemiripan gejala antar penyakit. Fuzzy Logic Mamdani digunakan untuk menganalisis gejala dan menghasilkan tingkat kepastian diagnosis berdasarkan bobot gejala yang telah ditentukan.

#### B. Analisis Sistem

Sistem dirancang melalui tahapan:

- Diagram Konteks: Menunjukkan interaksi antara admin (pengelola data) dan user (pengguna sistem).



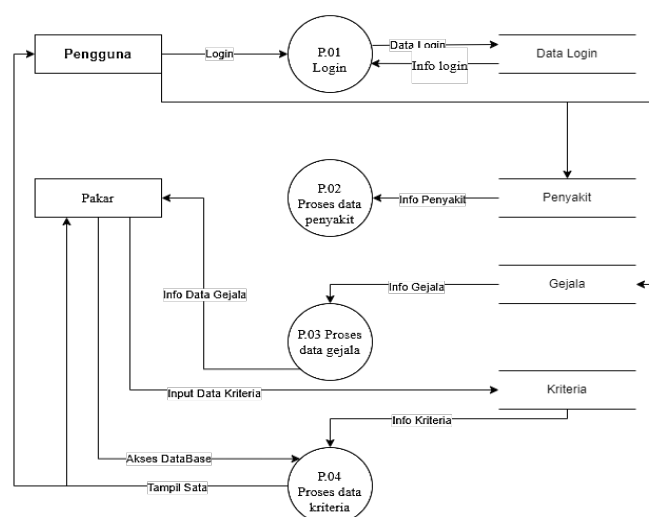
Gambar 2. Diagram Konteks

- Database: Menyimpan data pengguna, gejala, penyakit, rule fuzzy, dan hasil analisis.
- DFD & ERD: Menggambarkan alur data dan relasi antar entitas dalam sistem.

Sistem diimplementasikan menggunakan Python dan MySQL, dan mencakup proses input gejala, fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi, serta output diagnosis.

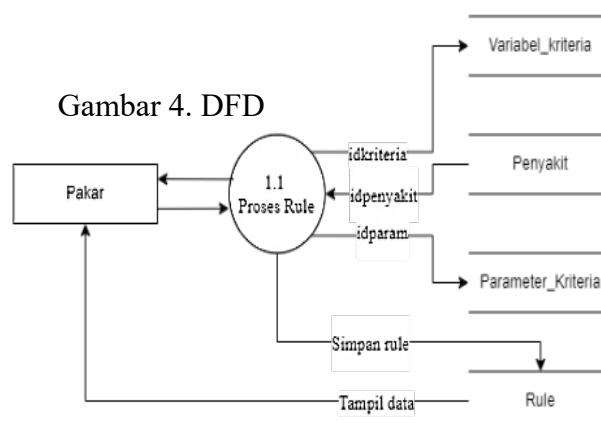
#### C. Data Flow Diagram (DFD)

##### 1. DFD Level 0



Gambar 3. DFD Level 0

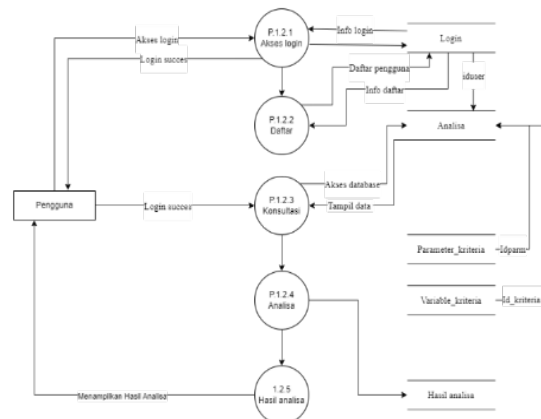
##### 2. DFD Level 0 Proses 1



Level 0 Proses

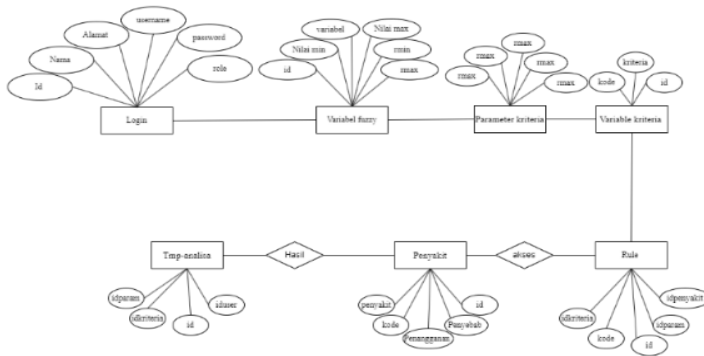
1

##### 3. DFD Level 1 Proses 2



Gambar 5. DFD Level 1 Proses 2

#### D. Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 6. ERD

#### E. Sistem Penentuan Penyakit Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani

Sistem pakar ini menyusun basis aturan dari hasil wawancara pakar dan literatur untuk mendiagnosis 17 jenis penyakit tanaman pepaya berdasarkan gejala dan parameter yang diamati.

##### 1. Data Penyakit

Tabel 1. Data Penyakit

Kode	Nama Penyakit	Penyebab
P001	Embun Tepung (Powdery Mildew)	Jamur Oidium Caricae atau Eryshipe Cichoracearum
P002	Busuk Batang (Stem Rot)	Jamur Fusarium atau Phytophthora
P003	Penyakit Layu Fusarium (Fusarium Wilt)	Jamur Fusarium Oxysporum
P004	Penyakit Karat Daun (Leaf Rust)	Jamur Puccinia Caricae
P004	Bercak Daun (Corynespora cassicola)	Jamur Corynespora cassicola.

Kode	Nama Penyakit	Penyebab
P005	Phytophthora Blight	Jamur Phytophthora palmivora
P006	Virus Mosaic (Papaya Ring Spot Virus - PRSV)	Virus Papaya Ring Spot Virus (PRSV).
P007	Penyakit Damping-off	Jamur Pythium spp. dan Rhizoctonia solani.
P008	Penyakit Mati Pucuk (Dieback)	Jamur Erwinia caricae.
P009	Penyakit Bacterial Canker	Bakteri Xanthomonas campestris pv. caricae.
P010	Black Spot (Asperisporium caricae)	Jamur Asperisporium caricae.
P011	Busuk Buah (Fruit Rot)	Jamur seperti Phytophthora palmivora, Rhizopus stolonifer, atau Colletotrichum spp.
P012	Sudden Wilt	Kombinasi infeksi jamur tanah (Fusarium spp.) dan bakteri (Erwinia spp.).
P013	Penyakit Mati Daun (Leaf Blight)	Jamur Alternaria spp. atau Cercospora spp.
P014	Mosaic Necrosis Virus	Virus yang ditularkan oleh kutu daun atau serangga lain.
P015	Penyakit Stem End Rot	Jamur seperti Diplodia spp. atau



Kode	Nama Penyakit	Penyebab
	(Busuk Ujung Batang)	Botryodiplodia spp.
P016	Penyakit Virus Kuning Pepaya (Yellowing Disease)	Virus seperti Papaya Leaf Curl Virus (PaLCuV).
P017	Penyakit Daun Menggulung (Leaf Curl)	Virus yang ditularkan oleh kutu daun atau serangga lainnya.

## 2. Data Variabel Kriteria Penilaian

Tabel 2. Data Variabel Kriteria Penilaian

Kode	Nama Variabel Kriteria Penilaian
C001	Kondisi akar
C002	Kondisi Buah
C003	Kondisi batang
C004	Kondisi Daun
C005	Kelembaban Tanah

## 3. Data Pembobotan Fuzzy Katagori Penyakit

Tabel 3. Data Pembobotan Fuzzy Katagori Penyakit

No	Kategori Kriteria	Bobot
1	Sangat Ringan	1 - 29
2	Ringan	30 - 64
3	Parah	65 -100

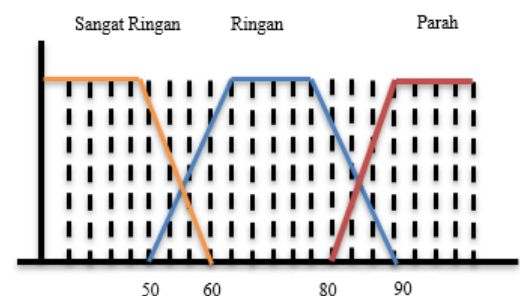
## 4. Data Pembobotan Parameter Kriteria

Tabel 4. Data Pembobotan Fuzzy Katagori Penyakit

No	Kriteria	Parameter	Bobot
	C001 - Kondisi		
1	Daun	Sehat	0
2	C001 -	Rusak	50

	Kondisi Daun	ringan	
	C001 -		
3	Kondisi Daun	Rusak Parah	80
	C002 -		
4	Kondisi Buah	Sehat	0
	C002 -	Rusak	
5	Kondisi Buah	Ringan	50
	C002 -		
6	Kondisi Buah	Rusak Parah	85
	C003 -		
7	Kondisi Batang	Normal	0
	C003 -		
8	Kondisi Batang	Rusak	50
	C003 -		
9	Kondisi Batang	Rusak Parah	70
	C004 -		
10	Kondisi Akar	Sehat	0
	C004 -		
11	Kondisi Akar	Rusak	50
	C004 -		
12	Kondisi Akar	Rusak Parah	83
	C005 - Kelembaban		
13	Tanah	Normal	0
	C005 - Kelembaban		
14	Tanah	Sedang	50
	C005 - Kelembaban		
15	Tanah	Tinggi	79

## 5. Data Himpunan Fuzzy



Gambar 7. Grafik Representasi [GP001]  
penyebab Jamur *Oidium Caricae*

Grafik pada gambar 7 ini menunjukkan representasi penyebab penyakit P001 (Jamur *Oidium caricae* / *Erysiphe cichoracearum*) dengan tiga himpunan variabel linguistik: sangat ringan, ringan, dan Parah.

#### 6. Analisis Contoh Kasus

Seorang pengguna melakukan diagnosa penyakit pepaya dengan kondisi sebagai berikut:

- Daun: Rusak Ringan
- Buah: Rusak Parah
- Batang: Normal
- Akar: Sehat
- Kelembaban Tanah: Sedang

Bobot dari masing-masing kondisi sesuai pakar:

- Daun: 50
- Buah: 85
- Batang: 0
- Akar: 0
- Kelembaban: 50

#### 7. Perhitungan Derajat Keanggotaan

*Fuzzy*

Contoh:

Daun Rusak Ringan = 50

- Sangat Ringan: 1
- Ringan & Parah: 0

Maka nilai defuzzifikasi:

$$y = (50 \times 1 + 50 \times 0 + 50 \times 0) / (1 + 0 + 0) = 50$$

Nilai keanggotaan lainnya (menggunakan perhitungan serupa):

- Buah Rusak Parah: 85
- Batang Normal: 0
- Akar Sehat: 0
- Kelembaban Tanah Sedang: 50

Kesimpulan Diagnosa Berdasarkan aturan pakar dan input pengguna, sistem mendiagnosa gejala tersebut sesuai R002 –

Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium Wilt*) dengan tingkat keyakinan 37% (Kategori: Sedang).

#### F. Implementasi

Tahap ini merupakan proses penerapan sistem Fuzzy Logic Mamdani untuk mendiagnosa jenis penyakit tanaman. Sistem pakar berbasis Fuzzy Mamdani dapat menangani data skala besar (ribuan pengguna), asalkan didukung arsitektur perangkat lunak dan infrastruktur server yang tepat. Namun, jika sistem tumbuh jauh lebih kompleks (misalnya ratusan aturan, puluhan gejala, dan input real-time),

##### 1. Pengujian Sistem

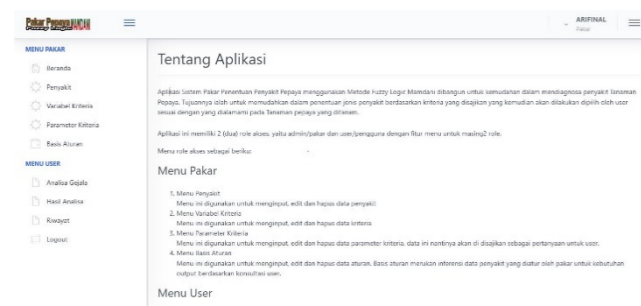
Pengujian dilakukan untuk memastikan semua fitur dalam aplikasi berjalan sesuai dengan fungsinya dan kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan untuk memastikan semua fitur dalam aplikasi berjalan sesuai dengan fungsinya dan kebutuhan pengguna. Pengujian sistem dilakukan menggunakan pendekatan Black Box Testing, User Acceptance Test (UAT), dan validasi diagnosis terhadap pakar. Hasil evaluasi menunjukkan:

1. Akurasi diagnosis sistem mencapai 85%, berdasarkan perbandingan antara output sistem dan pendapat pakar pada 20 kasus uji nyata di lapangan.
2. Tingkat kepuasan pengguna mencapai 90%, berdasarkan hasil kuesioner dari petani terhadap lima aspek: kemudahan penggunaan, kejelasan output, kecepatan sistem, keakuratan hasil, dan manfaat bagi petani.
3. Nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.82, yang menunjukkan bahwa instrumen kuesioner yang digunakan memiliki konsistensi internal yang tinggi dan reliabel

Tabel 5. Pengujian Sistem

N o	KelasUji	Hipotesis	Hasil	Validasi
1.	Pakar(admin) melakukan akses login	Masukan username dan password	Berhasil login	Valid
2.	Pakar(admin) melakukan akses data kriteria	Pakar(admin) dapat mengakses data kriteria, menampilkan, input, update dan hapus data	Akses data kriteria	Valid
3.	Pakar(admin) melakukan akses data penyakit	Pakar(admin) dapat mengakses data penyakit, menampilkan, input, update dan hapus data	Akses data penyakit	Valid
4.	Pakar(admin) mengakses data parameter kriteria	Pakar(admin) dapat mengakses data parameter kriteria, menampilkan, input, update dan menghapus data	Akses halaman parameter kriteria	Valid
5.	Pakar(user) akses login	Gagal masuk	Tidak dapat mengakses	Lakukan pendaftaran
6.	Pakar(user) mengakses halaman pendaftaran	Pengguna(user) dapat mengakses halaman pendaftaran	Akses halaman daftar	Valid
7.	Pakar(user) mengakses	Pengguna(user) dapat mengakses	Akses halaman	Valid

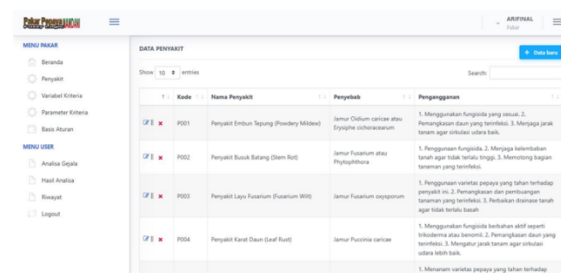
es halaman konsultasi  
halaman konsultasi  
konsultasi dengan sistem pakar



Gambar 8. Halaman Utama Admin

#### a. Menu Penyakit

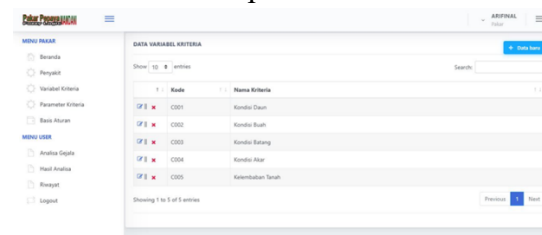
Menampilkan daftar penyakit papaya lengkap dengan kode, nama penyakit, penyebab, dan penanganan. Admin bisa menambah, mengedit, atau menghapus data.



Gambar 9. Menu Penyakit

#### b. Menu Variabel Kriteria

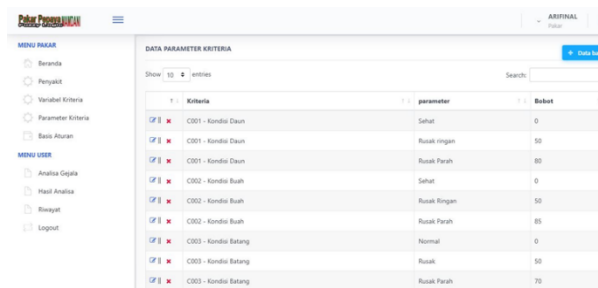
Menampilkan kode dan nama kriteria yang digunakan untuk diagnosis. Tersedia fitur tambah/edit/hapus data.



Gambar 10. Menu Variabel Kriteria

### c. Menu Parameter Kriteria

Menampilkan parameter dari setiap kriteria beserta bobotnya. Dilengkapi fitur untuk menambah/edit/hapus data parameter.

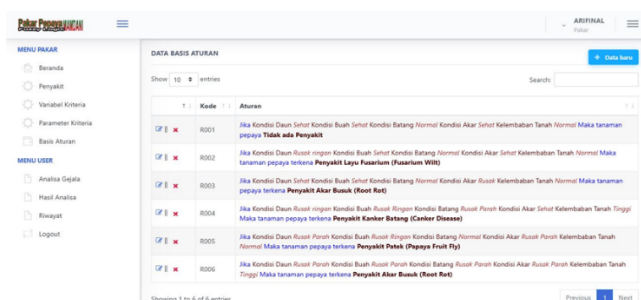


Kriteria	parameter	Bobot
C001 - Kondisi Daun	Sehat	0
C001 - Kondisi Daun	Rusak Ringan	50
C001 - Kondisi Daun	Rusak Parah	80
C002 - Kondisi Buah	Sehat	0
C002 - Kondisi Buah	Rusak Ringan	50
C002 - Kondisi Buah	Rusak Parah	85
C003 - Kondisi Batang	Normal	0
C003 - Kondisi Batang	Rusak	50
C003 - Kondisi Batang	Rusak Parah	70

Gambar 11. Menu Parameter Kriteria

### d. Menu Basis Aturan

Menampilkan daftar rule/aturan diagnosis dalam bentuk kode dan isi aturan. Admin bisa menambah, edit, dan hapus rule.



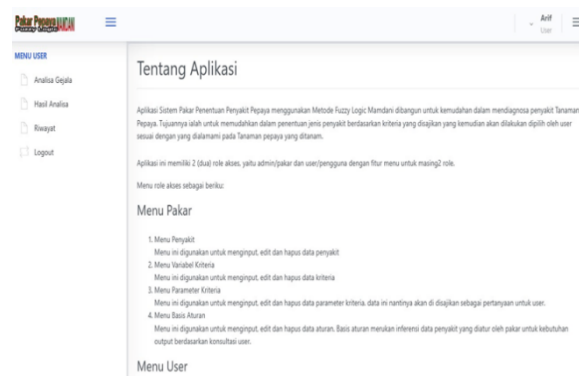
Kode	Aturan
8001	Jika Kondisi Daun Sehat Kondisi Buah Sehat Kondisi Batang Normal Kondisi Akar Sehat Kalaupun Tanah Normal Maka tanaman pepaya Tidak ada Penyakit
8002	Jika Kondisi Daun Rusak Kondisi Buah Sehat Kondisi Batang Normal Kondisi Akar Sehat Kalaupun Tanah Normal Maka tanaman pepaya terkena Penyakit Akar Busuk (Root Rot)
8003	Jika Kondisi Daun Rusak Kondisi Buah Rusak Kondisi Batang Normal Kondisi Akar Rusak Kalaupun Tanah Normal Maka tanaman pepaya terkena Penyakit Akar Busuk (Root Rot)
8004	Jika Kondisi Daun Rusak Kondisi Buah Rusak Kondisi Batang Rusak Kondisi Akar Rusak Kalaupun Tanah Rusak Maka tanaman pepaya terkena Penyakit Kanker Batang (Canker Disease)
8005	Jika Kondisi Daun Rusak Kondisi Buah Rusak Kondisi Batang Rusak Kondisi Akar Rusak Kalaupun Tanah Rusak Maka tanaman pepaya terkena Penyakit Busuk (Fruit Rot)
8006	Jika Kondisi Daun Rusak Kondisi Buah Rusak Kondisi Batang Rusak Kondisi Akar Rusak Kalaupun Tanah Rusak Maka tanaman pepaya terkena Penyakit Akar Busuk (Root Rot)

Gambar 12. Menu Basis Aturan

### e. Halaman Utama User

Setelah login, user dapat mengakses:

- Analisa Gejala: Menjawab pertanyaan sistem untuk diagnosis.
- Hasil Analisa: Menampilkan hasil diagnosis berdasarkan input.
- Riwayat: Menyimpan dan menampilkan histori analisa yang pernah dilakukan.



Gambar 13. Halaman Utama User

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar penentuan jenis penyakit tanaman pepaya berbasis metode fuzzy logic Mamdani berhasil dikembangkan dengan baik, sebagaimana dibuktikan oleh kesesuaian antara hasil perhitungan sistem dan perhitungan manual. Metode ini memberikan kontribusi signifikan terhadap ketepatan diagnosa, karena tidak hanya bergantung pada aturan (rule-based), tetapi juga mempertimbangkan bobot dan nilai densitas dari setiap kriteria penyakit. Meskipun sistem pakar yang dikembangkan menggunakan metode Fuzzy Mamdani telah mampu memberikan diagnosa terhadap beberapa jenis penyakit pada tanaman pepaya secara efektif, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan. Pertama, sistem ini belum mencakup seluruh jenis penyakit pepaya yang mungkin terjadi di lapangan. Basis pengetahuan sistem hanya dibangun berdasarkan sejumlah penyakit utama yang umum dijumpai, seperti *Jamur Oidium caricae*, *Antraknosa*, *Busuk Akar*, dan beberapa penyakit daun lainnya. Kedua, beberapa penyakit memiliki gejala yang

mirip atau tumpang tindih, sehingga berpotensi menimbulkan kekeliruan dalam proses inferensi, khususnya ketika gejala yang diinputkan oleh pengguna tidak lengkap atau tidak spesifik. Ketiga, validasi sistem hanya melibatkan satu orang pakar dan jumlah sampel uji yang masih terbatas, sehingga generalisasi hasilnya belum dapat sepenuhnya mewakili kondisi riil di berbagai wilayah budidaya pepaya. berdasarkan batasan yang ada, pengembangan sistem di masa mendatang dapat diarahkan pada beberapa aspek penting. Pertama, perluasan cakupan basis pengetahuan dengan menambahkan jenis penyakit lainnya, termasuk penyakit yang bersifat lokal atau musiman. Kedua, integrasi teknologi pengenalan citra (image recognition) berbasis machine learning dapat menjadi pendekatan yang potensial untuk meningkatkan akurasi sistem dalam mengidentifikasi gejala visual pada daun, batang, atau buah pepaya. Ketiga, pelibatan lebih banyak pakar dari berbagai daerah serta peningkatan jumlah data uji akan membantu memperkuat validitas sistem. Keempat, sistem juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur rekomendasi penanganan atau pengobatan yang sesuai berdasarkan hasil diagnosa, sehingga memberikan nilai tambah bagi pengguna, khususnya petani di lapangan. sistem ini termasuk dalam kategori sangat baik dan layak digunakan oleh pengguna dalam mendiagnosa penyakit tanaman pepaya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Judul untuk bagian ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih diberikan pada institusi atau perusahaan yang mendanai riset

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. U. R. L. Amanda, “Investigasi Keberadaan Penyebab Penyakit Mati Pucuk Terbawa Benih Pepaya (*Carica Papaya L.*),” 2024.
- [2] C. Cresna, M. Napitupulu, And R. Ratman, “Analisis Vitamin C Pada Buah Pepaya, Sirsak, Srikaya Dan Langsung Yang Tumbuh Di Kabupaten Donggala,” *Jurnal Akademika Kimia*, Vol. 3, No. 3, Pp. 121–128, 2014.
- [3] S. Bin Nasib, K. Suketi, And W. D. Widodo, “Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria Terhadap Bibit Dan Pertumbuhan Awal Pepaya,” *Buletin Agrohorti*, Vol. 4, No. 1, Pp. 63–69, 2016.
- [4] E. D. Setiaty, “Produksi Buah Pepaya Varietas Callina (*Carica Papaya L.*) Pada Kombinasi Pupuk Organik Dan Anorganik Di Tanah Ultisol\* The Yield Of Papaya Callina (*Carica Papaya L.*) On Ultisol Soil With Combination Of Organic And Anorganic Fertilizer,” *Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Unsri. Palembang*, 2011.
- [5] S. Helina, H. M. Akin, S. Solikhin, T. Maryono, And S. R. Yusticia, “Pendampingan Gapoktan Jaya Makmur Dalam Pengelolaan Penyakit Bercak Cincin Pada Tanaman Pepaya Di Desa Bumi Jaya, Lampung Selatan,” *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, Vol. 3, No. 2, Pp. 61–70, 2024.
- [6] T. A. Imanzaghi, H. E. Wahanani, And A. M. Rizki, “Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Pada Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Demam Berdarah,” *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi Dan Telekomunikasi*, Vol. 3, No. 1, Pp. 1–20, 2025.
- [7] A. G. Salman, “Pemodelan Sistem

- Fuzzy Dengan Menggunakan Matlab,” *Comtech: Computer, Mathematics And Engineering Applications*, Vol. 1, No. 2, Pp. 276–288, 2010.
- [8] A. A. Tama And D. R. S. Saputro, “Algoritme Average Based Fuzzy Time Seriesmarkov Chain,” In *Prisma, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2022, Pp. 711–715.
- [9] N. Noviani, D. A. Prambudi, And F. Mulyadi, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Pepaya Menggunakan Metode Backward Chaining Berbasis Web,” *Buletin Poltanesa*, Vol. 21, No. 2, Pp. 50–57, 2020.
- [10] N. Sofiana, “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Buah Pepaya Di Kota Medan,” Doctoral Dissertation, Universitas Medan Area, 2015.
- [11] Sandi BD, Dian Purnmasari S, Kunang YN, Yadi IZ, Fatmasari F. Penerjemah Bahasa Besemah Berbasis Machine Learning Dengan Algoritma Model Encoder-Decoder. *Rabit J Teknol dan Sist Inf Univrab*. 2025;10(1):168-175. doi:10.36341/rabit.v10i1.5252
- [12] Pratama FD, Zufria I, Triase T. Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Penerima Program Indonesia Pintar. *Rabit J Teknol dan Sist Inf Univrab*. 2022;7(1):77-84. doi:10.36341/rabit.v7i1.2217
- [13] Bunda YP, Kartini SA, Nasution MR, Supriyanto A, Mustafa SR. Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Algoritma Perceptron Pada Deteksi Penyakit Bawang Merah. *Rabit J Teknol dan Sist Inf Univrab*. 2024;9(2):225-231. doi:10.36341/rabit.v9i2.4800
- [14] Maryam S, Bu’ulolo E, Hatmi E. Penerapan metode fuzzy mamdani dan fuzzy tsukamoto dalam menentukan harga mobil bekas. *J Informatics, Electr Electron Eng*. 2021;1(1):10-14. <https://djournals.com/jieeee/article/view/54%0Ahttps://djournals.com/jieeee/article/download/54/164>
- [15] Choliq FA, Astono TH, Fauziyah M. Virus Pada Tanaman Pepaya ( Carica papaya L .) DI MALANG , JAWA TIMUR Identification of Diseases Caused by Virus in Papaya Plant ( Carica papaya L .) in Malang , East Java Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan , Fakultas Pertanian , Universitas Brawijaya Jal. 2018;4(2):87-105.
- [16] Hurairah WA, Mmurtopo AA, Fadilah N. Introduction to types of motorized vehicles based on shape and model using convolutional neural network based on digital images. *J Intell Decis Support Syst*. 2024;7(2):197-202. doi:10.35335/idss.v7i2.225