

Implementasi Logika Fuzzy Mamdani pada Aplikasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ternak Babi Berbasis Web

Gebriella Wahyuni Sirait*, Tri Widodo

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Email: ^{1,*}gebriellairait2019@gmail.com, ²triwido@uty.ac.id

Email penulis Korespondensi: gebriellairait2019@gmail.com

Submitted 03-11-2025; Accepted 06-12-2025; Published 31-12-2025

Abstrak

Penyakit pada ternak babi merupakan salah satu penyebab kerugian ekonomi yang signifikan bagi peternak, terutama ketika penanganan dilakukan terlambat sehingga memicu penyebaran penyakit dan peningkatan angka kematian. Selain itu, biaya konsultasi yang tinggi serta keterbatasan akses menuju pusat layanan kesehatan hewan (puskesmas) membuat peternak sering melakukan diagnosis secara manual, yang tidak akurat dan berisiko memperburuk kondisi ternak. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pakar diagnosis penyakit ternak babi berbasis web menggunakan metode logika fuzzy Mamdani sebagai solusi untuk membantu peternak melakukan diagnosis secara mandiri berdasarkan gejala yang muncul. Sistem dirancang dengan bahasa pemrograman Python menggunakan framework Flask, Bootstrap sebagai antarmuka, serta Supabase sebagai basis data berbasis cloud. Proses diagnosis dilakukan melalui tiga tahap utama: fuzzifikasi gejala, inferensi berbasis aturan fuzzy, dan defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Pengujian dilakukan terhadap 8 jenis penyakit dan 45 gejala menggunakan data uji valid, dan sistem memperoleh akurasi sebesar 100%, serta mampu memberikan hasil diagnosis yang konsisten sesuai input gejala. Sistem ini juga dilengkapi fitur konsultasi daring dengan pakar sehingga meningkatkan kemudahan serta efektivitas proses identifikasi penyakit pada ternak babi.

Kata Kunci: Sistem Pakar; Logika Fuzzy Mamdani; Penyakit Babi; Flask; Supabase

Abstract

Diseases in pig livestock are a major cause of economic losses for farmers, especially when treatment is delayed, leading to disease spread and increased mortality rates. In addition, high consultation costs and limited access to animal health service centers (puskesmas) often result in farmers performing manual diagnosis, which is inaccurate and may worsen the livestock's condition. This study develops a web-based expert system for diagnosing pig diseases using the Mamdani fuzzy logic method as a solution to assist farmers in conducting independent and early diagnosis based on observable symptoms. The system is built using Python with the Flask framework, Bootstrap for the user interface, and Supabase as a cloud-based database. The diagnosis process consists of three main stages: symptom fuzzification, rule-based fuzzy inference, and defuzzification using the centroid method. Testing was conducted on 8 types of diseases and 45 symptoms using validated test data, resulting in an accuracy of 100%, with the system consistently producing diagnostic outcomes that match the symptom inputs. The system also includes an online consultation feature with experts, enhancing accessibility and effectiveness in identifying diseases in pig livestock.

Keywords: Expert System; Fuzzy Mamdani's logic; Swine Disease; Flask; Supabase

1. PENDAHULUAN

Hewan babi (*Sus scrofa domestica*) merupakan jenis hewan berkuku genap (*ungulata*) yang punya moncong panjang serta hidung lebar, dan bertempat asal dari wilayah *Eurasia*. Babi termasuk dalam *Famili Suidae* dan babi merupakan *omnivora* yang berarti mengonsumsi daging maupun tumbuhan. Seekor babi betina mampu melahirkan 8-14 ekor anak dalam satu tahun kelahiran dan dapat beranak dua kali dalam setahun, menjadi salah satu hewan ternak yang sangat berpotensi untuk dikembangkan[1].

Berdasarkan Pusat Statistik (BPS), jumlah populasi babi di negara Indonesia mengalami adanya peningkatan tahunan. Pada tahun 2023, tercatat total ternak babi di seluruh Indonesia telah mencapai lebih dari 8 juta ekor. Namun, pada tahun 2024 jumlah populasi babi di Indonesia menurun secara drastis menjadi 4.115.030 ekor [2].

Kondisi serupa juga terjadi di daerah-daerah pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan data informasi diketahui bahwa produksi ternak babi di periode tahun 2018 hingga 2020 tercatat mencapai sebanyak 42.278 ekor menurut Badan Pusat Statistik. Akan tetapi, jumlah ini menurun menjadi 27.008 ekor selama tahun 2021 hingga 2023, dan terus menurun menjadi 8.509 ekor pada tahun 2024. Data ini menunjukkan bahwa para peternak babi di Yogyakarta, terutama di daerah Kalibawang, Kulon Progo, tengah menghadapi berbagai kendala. Dimana, Peternak babi berperan sebagai salah satu sumber pendapatan penting bagi masyarakat setempat, yang tidak hanya membantu meningkatkan ekonomi keluarga tetapi juga menjadi mata pencaharian utama bagi sebagian warga [2].

Meskipun kebutuhan ternak babi sangat tinggi, pemeliharaannya memerlukan perhatian khusus, terutama dalam kesehatan hewan. Babi merupakan hewan ternak yang peka dan rentan terhadap berbagai penyakit, namun sayangnya tidak semua peternak memiliki pengetahuan yang cukup mengenai menjaga kesehatan ternak mereka. Banyak peternak yang menganggap gejala tersebut tidak serius dan tidak segera melakukan penanganan secara tepat sehingga mengakibatkan banyak kasus kematian mendadak yang terjadi pada ternak terjadi karena keterlambatan penanganan[3]. Selain itu, biaya pengobatan ke dokter hewan cenderung memiliki tarif mahal, sehingga sebagian peternak enggan membawa ternaknya untuk diperiksa [4], [5]. Bahkan, ada sebagian peternak yang enggan berkonsultasi dengan dokter hewan karena lokasi tempat tinggal mereka jauh dari fasilitas pelayanan kesehatan hewan. Akses terhadap dokter hewan yang terbatas ini memperburuk kondisi kesehatan ternak dan meningkatkan potensi kerugian.

Penyakit yang sering menyerang ternak babi pada umumnya berasal dari infeksi bakteri, virus, maupun parasit seperti cacing dan *ektoparasit* (kutu)[3]. Faktor lingkungan serta tata kelola pemeliharaan yang kurang optimal ikut berpengaruh besar terhadap kondisi kesehatan pada ternak babi[3]. Beberapa jenis masalah kesehatan yang sering menyerang babi antara lain adalah *African Swine Fever* (ASF), *Anemia* (kurang Darah), *Hog cholera*, *Helminthiasis* (infeksi cacing), dan flu babi. Salah satu ancaman terbesar dalam peternakan babi adalah *African Swine Fever* (ASF) [4], [5]. ASF merupakan penyakit yang sangat cepat menular dan sering fatal bagi babi. Berdasarkan laporan Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan tahun 2020, tercatat lebih dari 42.000 ekor babi dilaporkan mati akibat serangan penyakit *African Swine Fever* (ASF) dalam kurun waktu satu tahun. Sementara itu, pada tahun 2024, sekitar 2.000 ekor babi kembali ditemukan mati mendadak di sejumlah provinsi di Indonesia. Akibat kejadian ini, kerugian yang ditanggung oleh para peternak diperkirakan melebihi Rp8 miliar.

Para ahli di bidang penyakit ternak, khususnya yang meneliti kesehatan ternak babi, memahami bahwa permasalahan penyakit memiliki karakteristik yang beragam, baik dari segi penyebab maupun dampaknya [5]. Pengaplikasian pada pengembangan sistem pakar berbasis *logika fuzzy Mamdani* dipakai untuk membantu melakukan diagnosis dini terhadap penyakit pada hewan ternak babi yang mana hal ini sebagai solusi serta jalan keluarnya.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan langkah strategis melalui pemanfaatan teknologi yang mampu membantu proses diagnosis penyakit pada hewan ternak babi secara lebih efektif dan tepat. Salah satu metode yang dapat dipakai untuk mengatasi kendala ini adalah dengan mengembangkan sistem pakar (*expert system*)[6]. Salah satu cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang berfungsi untuk menyimpan dan mengolah pengetahuan serta pengalaman para ahli, yang kemudian disusun dalam suatu basis pengetahuan (*knowledge base*) dikenal dengan sistem pakar [7], [8]. Dengan adanya basis pengetahuan yang tertanam di dalamnya, sistem pakar dapat memberikan dukungan kepada pengguna yang tidak memiliki keahlian khusus untuk memecahkan masalah atau mendiagnosis suatu kondisi secara efektif layaknya seorang pakar [6], [8].

Sistem pakar pengetahuan dan pengalaman seorang ahli yang selanjutnya diimplementasikan ke dalam komputer untuk mengatasi sebuah kendala yang membutuhkan keahlian khusus. Melalui kemampuan penalaran yang meniru pola berpikir pakar, sistem ini dapat memberikan solusi atau saran yang relevan terhadap suatu permasalahan. Penerapan sistem pakar pada bidang peternakan babi dapat membantu peternak dalam melakukan deteksi dini terhadap penyakit, sehingga tindakan pencegahan dan penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan efektif.

Studi yang dilakukan oleh [9] mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit pada hewan ternak babi memakai *logika fuzzy mamdani* dengan bahasa pemrograman *PHP* dan database *Mysql* yang berbasis web. Sistem ini memungkinkan peternak babi dapat memasukkan gejala yang dialami ternaknya, kemudian sistem menampilkan hasil diagnosis penyakit beserta rekomendasi awal. Kelebihan penelitian ini adalah kemampuan mengelola ketidakpastian data melalui *logika fuzzy*, meskipun belum memiliki fitur riwayat hasil diagnosis secara otomatis[9].

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh [10] mengembangkan sistem pakar yakni tentang Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Hewan Ternak Babi dengan Menggunakan Metode *Forward Chaining* Berbasis Web. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan penalaran berbasis aturan yang menelusuri data dari fakta menuju kesimpulan. Penelitian ini unggul karena menyediakan laporan hasil diagnosis dan solusi awal penanganan penyakit, namun belum mencakup evaluasi tingkat akurasi sistem[10].

Kemudian, penelitian dilakukan oleh [11] mengembangkan pemakaian *case-based reasoning* guna mendiagnosis penyakit hewan ternak babi menggunakan metode *naive bayes* sistem ini dirancang untuk mendiagnosis penyakit berdasarkan riwayat kasus sebelumnya serta membandingkan tingkat kemiripan antar kasus dengan hasil akurasi mencapai 96,4% untuk *indexing* dan 98,7% untuk *non-indexing*. Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam pembelajaran data kasus lama dan menghasilkan diagnosis dengan akurasi tinggi, namun membutuhkan basis data kasus yang besar dan terstruktur.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [12] menerapkan metode *logika fuzzy mamdani* dalam mendiagnosis virus penyebab penyakit kucing sistem yang dikembangkan mampu menghasilkan diagnosis secara akurat berdasarkan nilai *linguistik* dari gejala yang dimasukkan. Pendekatan ini membuktikan bahwa logika fuzzy memiliki kemampuan tinggi dalam menerapkan proses pikir seperti manusia [12].

Dan penelitian oleh [13] mengembangkan sistem pakar dengan metode *naive bayes* pada penyakit *influenza* membuktikan bahwa metode *Naive Bayes* mampu melakukan klasifikasi penyakit secara efisien dengan akurasi diagnosis mencapai 100%. Sistem ini dirancang agar mudah digunakan oleh masyarakat umum untuk mengenali penyakit menular seperti *influenza* melalui antarmuka berbasis web [13]. Penelitian ini menegaskan bahwa penerapan metode berbasis probabilistik dapat menjadi solusi efektif dalam membantu proses diagnosis dini secara cepat, tepat, dan mudah diakses oleh pengguna non-pakar.

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa dapat bahwa penerapan metode *Fuzzy Mamdani* terbukti efektif dalam diagnosis penyakit berbasis sistem pakar. Namun, sebagian besar penelitian masih memiliki keterbatasan, seperti belum adanya fitur konsultasi dengan pakar, tidak tersedianya laporan hasil diagnosis otomatis, dan keterbatasan dalam mengukur tingkat akurasi sistem secara menyeluruh. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan aplikasi sistem pakar diagnosis dini penyakit hewan ternak babi berbasis website memakai metode *logika fuzzy Mamdani*. Sistem ini dirancang untuk mendiagnosis berbagai penyakit kompleks seperti *African Swine Fever* (ASF), *anemia*, *Hog Cholera*, *Helminthiasis*, PMK, flu babi, *Scabies*, dan *diare*. Selain memberikan hasil diagnosis, sistem juga menyediakan fitur konsultasi langsung dengan dokter hewan, panduan pemeliharaan kandang, serta pembaruan data penyakit secara berkala. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat membantu peternak dalam

melakukan penanganan dini, meningkatkan kesadaran terhadap kesehatan ternak, serta menekan angka kematian dan kerugian ekonomi akibat penyakit pada babi.

Metode Fuzzy Mamdani menjadi pilihan dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan teoretis dibanding metode fuzzy lainnya seperti Sugeno atau Tsukamoto, antara lain lebih fleksibel dalam menangani data linguistik yang kabur, menggunakan aturan IF-THEN yang menyerupai pola pikir manusia, mudah dianalisis secara matematis, serta menghasilkan proses defuzzifikasi yang intuitif menggunakan metode centroid [14], [15], [16]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pakar diagnosis dini penyakit ternak babi berbasis web menggunakan metode Fuzzy Mamdani yang mampu mendeteksi berbagai penyakit seperti ASF, anemia, hog cholera, helminthiasis, PMK, flu babi, scabies, dan diare, serta dilengkapi fitur konsultasi langsung dengan dokter hewan, penyimpanan riwayat diagnosis, panduan pemeliharaan kandang, dan pembaruan data penyakit secara berkala. Adapun kontribusi utama penelitian ini meliputi: (1) mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit babi berbasis web yang dapat digunakan secara mandiri oleh peternak, (2) menerapkan metode Fuzzy Mamdani untuk meningkatkan akurasi diagnosis dengan mempertimbangkan ketidakpastian gejala, (3) menyediakan fitur konsultasi pakar daring dan riwayat diagnosis yang belum tersedia pada penelitian terdahulu, serta (4) memberikan evaluasi akurasi sistem secara kuantitatif sebagai bukti keberhasilan metode yang digunakan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat membantu peternak dalam melakukan deteksi dini penyakit, meningkatkan kesadaran terhadap kesehatan ternak, dan menekan tingkat kematian serta kerugian ekonomi dalam usaha peternakan babi..

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian pada studi ini disusun secara sistematis dan iteratif, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian, yang menunjukkan alur proses mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi sistem. Tahapan tersebut meliputi studi literatur, pengumpulan data, analisis, perancangan sistem, implementasi metode Logika Fuzzy Mamdani, serta pengujian dan evaluasi hasil.



Gambar 1. Tahap Penelitian

a. Pada tahap studi literatur

Pada tahap ini, peneliti melakukan penelusuran literatur terhadap berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, dan artikel yang berkaitan dengan sistem pakar, *logika fuzzy Mamdani*, serta penyakit pada hewan ternak babi. Penelusuran ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori dan konsep dasar yang mendukung pengembangan sistem diagnosis berbasis *logika fuzzy Mamdani*. Melalui tahap ini, peneliti mempelajari bagaimana sistem pakar bekerja dalam meniru cara berpikir seorang pakar untuk pengambilan keputusan, serta memahami *penerapan logika fuzzy Mamdani* dalam menangani ketidakpastian data dan proses penalaran. Hasil dari penelusuran literatur ini menjadi dasar dalam perancangan sistem yang mampu membantu mendiagnosis penyakit pada hewan ternak babi secara lebih efisien dan akurat.

b. Tahap pengumpulan data

Pengumpulan data untuk sistem diagnosis penyakit hewan ternak berbasis web dilakukan melalui beberapa metode Pertama, survei dan wawancara dilakukan dengan Peternak Babi Boro untuk mengumpulkan informasi mengenai penyakit yang sering dialami oleh hewan ternak, termasuk gejala yang mereka temui dan pemahaman mereka tentang kesehatan ternak. Selain itu, wawancara mendalam dengan dokter hewan yaitu Drh. Estu Wibowo yang bertugas di wilayah Kalibawang dilakukan untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam mengenai penyakit umum pada babi serta cara diagnosis yang tepat. Observasi langsung di lapangan pada peternakan juga penting untuk melihat kondisi kesehatan ternak dan mencatat gejala yang muncul secara langsung. Pada Tabel 1. Data Penyakit dan Tabel 2. Data Gejala peneliti melampirkan daftar penyakit dan gejala yang didapatkan langsung dari Drh. Estu Wibowo.

Tabel 1. Data Penyakit

Penyakit (P)	Nama Penyakit
P1	<i>Anemia</i>
P2	<i>Diare</i>
P3	<i>Helminitis</i> atau Cacingan
P4	<i>Scabies</i>
P5	Cacar (<i>Swine Pox</i>)
P6	Penyakit Mulut dan Kuku
P7	<i>Hog Cholera</i>
P8	<i>African Swine Fever</i> atau Demam Babi Afrika

Tabel 2. Data Gejala

Kode Gejala	Kode Penyakit	Nama Gejala
G01	P1, P3	Pertumbuhan sangat lambat.
G02	P1, P2, P3, P5, P7, P8	Nafsu makan menurun
...
G45	P8	Pendarahan dari lubang hidung, mulut, atau anus

c. Tahap analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengolah dan menafsirkan data yang telah dikumpulkan agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan metode *Logika Fuzzy Mamdani* yang diterapkan. Analisis ini meliputi penentuan *variabel input* dan *output*, pembentukan fungsi keanggotaan, serta penyusunan aturan fuzzy yang akan digunakan dalam proses inferensi dan pengambilan keputusan.

d. Perancangan

Tahap perancangan dilakukan untuk menggambarkan struktur dan alur kerja sistem yang akan dikembangkan. Pada tahap ini dirancang antarmuka pengguna (*user interface*), diagram alir sistem, serta desain proses fuzzy yang mencakup tiga tahapan utama, yaitu *fuzzifikasi*, *inferensi*, dan *defuzzifikasi*. Selain itu, juga dilakukan perancangan basis data yang akan diintegrasikan dengan layanan *cloud* untuk penyimpanan dan pengelolaan data secara efisien.

e. Tahap implementasi

Tahap implementasi merupakan proses penerapan hasil rancangan ke dalam bentuk aplikasi berbasis web. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan *framework Flask* sebagai pengelola sisi server (*backend*), sedangkan untuk pengelolaan dan penyimpanan data digunakan *Supabase* sebagai layanan *cloud database* yang mendukung integrasi *real-time*. Implementasi ini bertujuan untuk mewujudkan sistem pakar diagnosis penyakit babi berbasis web yang dapat diakses dengan mudah oleh pengguna.

f. Tahap Pengujian

Tahap terakhir adalah pengujian, yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu pengujian *Black Box* dan pengujian berdasarkan pengetahuan pakar. Pengujian *Black Box* berfokus pada pengujian fungsi dan keluaran sistem tanpa melihat kode program untuk memastikan setiap fitur berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Sedangkan pengujian berdasarkan pengetahuan pakar dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosis sistem dengan hasil analisis dari dokter hewan (pakar), guna menilai tingkat akurasi dan kesesuaian sistem terhadap pengetahuan pakar di bidangnya.

2.2 Sistem Pakar

Sistem Pakar adalah salah satu bidang ilmu komputer yang memungkinkan komputer berperilaku cerdas seperti manusia. Sistem ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap suatu permasalahan dengan cara meniru pemikiran seorang pakar [6], [17]. Sistem pakar terdiri dari dua komponen utama, yaitu basis pengetahuan (*knowledge base*) yang berisi informasi dari pakar dan mesin inferensi (*inference engine*) yang digunakan untuk menghasilkan kesimpulan dari informasi yang diberikan peternak [18].

Sistem Pakar salah satu cabang dari AI yang dirancang untuk meniru kemampuan berfikir dan pengambilan Keputusan seorang pakar dalam bidang tertentu, sehingga dapat membantu peternak yang tidak memiliki keahlian khusus untuk menyelesaikan masalah secara cepat dan akurat [19].

2.3 Metode Logika Fuzzy Mamdani

Metode *Logika Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu pendekatan yang dikenal dengan MAX-MIN atau MAX-PRODUCT, yang sering digunakan dalam pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit. Metode ini digunakan untuk mengubah input fuzzy menjadi output fuzzy, sehingga cocok untuk menangani permasalahan dengan tingkat ketidakpastian tinggi. Metode Fuzzy Mamdani bekerja berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditetapkan oleh pakar [14]. Pendekatan ini banyak digunakan dalam sistem pakar karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian serta memberikan hasil yang lebih fleksibel dibandingkan dengan metode berbasis logika biner.

Proses pengambilan keputusan dalam metode ini terdiri dari empat tahap utama, yaitu:

a. *Fuzzifikasi (Fuzzification)*

Data input yang berbentuk nilai tegas (*crisp*) dikonversi menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan [12], [20]. Misalnya, suhu dapat dikategorikan dalam skala dingin, normal, atau panas dengan tingkat keanggotaan tertentu. Fungsi keanggotaan dapat berbentuk linear, segitiga, trapesium, atau gaussian, dengan rumus umum:

$$\mu_A(x) = \frac{x-a}{b-a} \quad \alpha \leq x \leq b \quad (1)$$

Dimana $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan x adalah nilai input dan a, b adalah batas fungsi keanggotaan.

b. Pembentukan Aturan (*Rule Evaluation*)

Aturan fuzzy diterapkan berdasarkan pengalaman pakar dalam bentuk jika-maka (*IF-THEN*). Sebagai contoh, jika suhu tinggi dan kelembaban rendah, maka risiko kebakaran tinggi [12], [20]. Aturan ini terdiri dari beberapa kondisi yang dikombinasikan menggunakan operator logika fuzzy:

$$\text{AND (Minimum): } \mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2)$$

$$\text{OR (Maximum): } \mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3)$$

$$\text{NOT (Komplemen): } \mu_C(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4)$$

c. Inferensi (Inference)

Inferensi (Inference) merupakan proses ini menggunakan teknik *MIN-MAX*, di mana nilai keanggotaan terkecil dari suatu aturan dipilih dalam pendekatan *MIN*, sementara dalam pendekatan *MAX*, beberapa aturan digabungkan untuk menghasilkan output yang lebih optimal. Rumus inferensi fuzzy adalah:

$$\mu_{out} = \max(\min(\mu_{rule1}, w_1), \min(\mu_{rule2}, w_2), \dots) \quad (5)$$

Dengan μ_{rule} adalah hasil output operasi fuzzy dari setiap aturan dan w adalah bobot aturan.

d. Defuzzifikasi (Defuzzification)

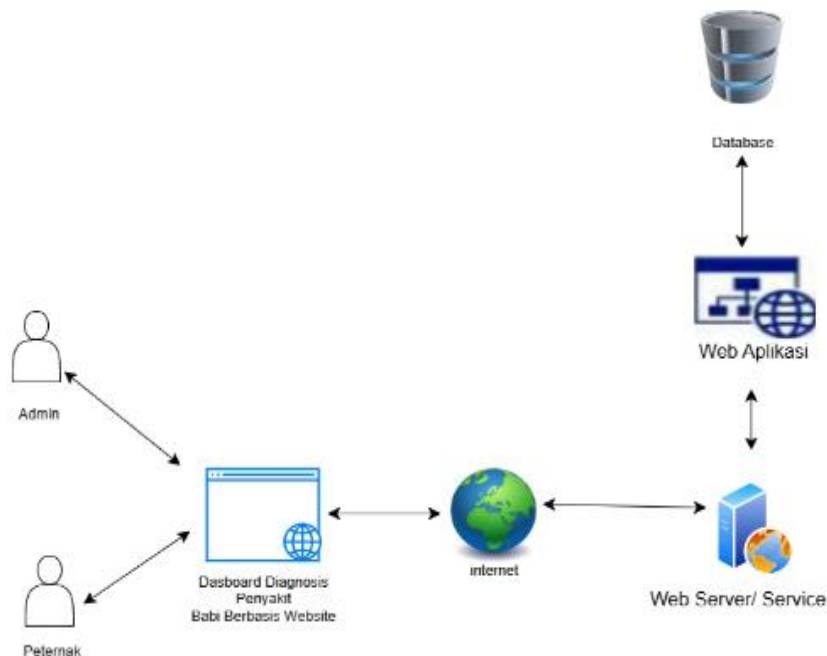
Defuzzifikasi (Defuzzification) merupakan hasil fuzzy yang diperoleh dikonversi kembali menjadi nilai tegas (*crisp value*) yang lebih mudah dipahami peternak [12], [14]. Salah satu metode yang sering digunakan dalam *defuzzifikasi* adalah centroid method, yang menghitung rata-rata tertimbang dari seluruh fungsi keanggotaan. Rumus *Defuzzifikasi* adalah:

$$Z = \frac{\sum(\mu_i z_i)}{\sum \mu_i} \quad (6)$$

Dengan Z adalah nilai crisp μ_i adalah nilai keanggotaan dari setiap output dan z_i adalah hasil dari setiap himpunan fuzzy.

2.4 Arsitektur Model

Arsitektur model pada gambar menunjukkan alur sistem diagnosis berbasis *Logika Fuzzy Mamdani* yang terintegrasi dengan mekanisme notifikasi dan aplikasi web. Arsitektur model ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung melalui jaringan internet [21]. Peternak sistem dibagi menjadi dua peran, yaitu admin dan peternak, yang berinteraksi langsung dengan antarmuka *dashboard* diagnosis melalui web. *Dashboard* ini merupakan aplikasi berbasis web yang menghubungkan peternak dengan sistem utama melalui jaringan internet. Ketika peternak mengakses sistem, permintaan mereka dikirim ke web server atau layanan, yang bertugas memproses permintaan dan berinteraksi dengan web aplikasi utama [21], [22]. Web aplikasi berfungsi sebagai pusat logika sistem, termasuk proses diagnosis dan pengolahan data penyakit babi. Aplikasi ini kemudian berkomunikasi dengan basis data (*database*) untuk disimpan dan mengambil keterangan yang diperlukan, seperti data gejala, hasil diagnosis, dan data peternak [23]. Semua komponen ini saling terhubung melalui internet, memungkinkan sistem untuk berjalan secara online dan diakses dari mana saja [21], [23]. Model arsitektur ini mendukung interaksi yang efisien antara peternak dan sistem diagnosis berbasis web dalam mendeteksi penyakit babi secara cepat dan akurat yang mana dapat terlihat pada Gambar 1. Dibawah ini:



Gambar 2. Arsitektur Model

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Logika Fuzzy

Implementasi logika fuzzy Mamdani pada sistem pakar diagnosis penyakit ternak babi dilakukan melalui serangkaian tahapan, mulai dari fuzzifikasi gejala, penerapan aturan fuzzy berdasarkan pengetahuan pakar, hingga defuzzifikasi untuk memperoleh nilai kepastian diagnosis. Untuk memberikan ilustrasi proses perhitungan, digunakan contoh kasus diagnosis penyakit **P1** dengan input gejala yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Sebelum dilakukan proses fuzzifikasi, sistem menerima input gejala yang dipilih oleh peternak. Gejala yang digunakan dalam simulasi ini ditampilkan pada Tabel 3, yang memuat kode gejala, keterkaitan gejala dengan penyakit, serta bobot masing-masing gejala.

Tabel 3. Input Gejala

Gejala	Penyakit Terkait	Bobot
G8	P1, P3, P4	6
G20	P4	2
G14	P2	2
G31	P6	2
G24	P4	6
G25	P4	4

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dilakukan untuk mengubah nilai gejala ke dalam bentuk linguistik rendah, sedang, dan tinggi. Tahapan ini penting karena menentukan tingkat pengaruh setiap gejala terhadap proses inferensi fuzzy.

1. Aturan Logika Fuzzy

Setelah nilai keanggotaan diperoleh, tahap berikutnya adalah menerapkan aturan logika fuzzy. Aturan fuzzy yang digunakan dalam sistem berjumlah delapan aturan utama, yang dikonstruksi berdasarkan pengetahuan pakar mengenai hubungan gejala dan penyakit. Aturan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rules Logika Fuzzy

No	Aturan
1	IF G01 AND G02 AND G03 AND G04 AND G05 AND G06 AND G07 AND G08 AND G09 THEN P1
2	IF G02 AND G10 AND G11 AND G12 AND G13 AND G14 AND G15 THEN P2
3	IF G01 AND G02 AND G08 AND G10 AND G11 AND G12 AND G15 AND G16 AND G17 AND G18 AND G19 THEN P3
4	IF G08 AND G20 AND G21 AND G22 AND G23 AND G24 AND G25 THEN P4
5	IF G02 AND G04 AND G26 AND G27 AND G28 AND G29 AND G30 THEN P5
6	IF G06 AND G21 AND G27 AND G28 AND G29 AND G30 AND G31 AND G32 THEN P6
7	IF G02 AND G04 AND G10 AND G11 AND G33 AND G34 AND G35 AND G36 AND G37 THEN P7
8	IF G02 AND G04 AND G11 AND G33 AND G35 AND G38 AND G39 AND G40 AND G41 AND G42 AND G43 AND G44 AND G45 THEN P8

2. Menghitung Nilai Keanggotaan

Perhitungan nilai keanggotaan dilakukan untuk menentukan tingkat intensitas suatu gejala berdasarkan input nilai dari peternak. Fungsi ini mengelompokkan nilai ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah, sedang, dan tinggi [12]. Implementasi kode *Python* untuk menghitung nilai keanggotaan tersebut ditampilkan pada Gambar 3. *Code* Fungsi Keanggotaan, yang menunjukkan penggunaan fungsi *min* dan *max* untuk menjaga nilai dalam rentang 0 hingga 1, serta penggunaan operasi linear dan fungsi segitiga untuk penentuan nilai keanggotaan masing-masing kategori.

```
def fuzzify_mamdani(nilai):
    return {
        'rendah': max(0, min(1, (5 - nilai) / 5)),
        'sedang': max(0, 1 - abs(nilai - 5) / 2.5),
        'tinggi': max(0, min(1, (nilai - 5) / 5))
    }
```

Gambar 3. Code Fungsi Keanggotaan

Berdasarkan kode tersebut, fungsi keanggotaan untuk kategori rendah, sedang, dan tinggi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{x-2}{2} & 0 < x \leq 3 \\ 0 & x > 3 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & x < 3 \\ \frac{x-5}{5} & 2 < x \leq 4 \\ 0 & x > 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 & x < 4 \\ \frac{x-4}{2} & 4 < x \leq 6 \\ 1 & x > 6 \end{cases}$$

Selanjutnya, Tabel 5 memberikan hasil perhitungan nilai keanggotaan untuk setiap gejala yang digunakan dalam simulasi.

Tabel 5. Nilai Keanggotaan

Gejala	Bobot	μ rendah	μ sedang	μ tinggi
G8	6	0	0	$(6-4)/2 = 1.0$
G14	2	$(4-2)/2 = 1.0$	0	0
G31	2	1.0	0	0
G23	2	1.0	0	0
G24	6	0	0	1.0
G25	4	0	1.0	$(4-4)/2 = 0.0$

Hitung *Minimum* dengan rumus = (jumlah derajat tinggi)/jumlah gejala

$$\mu_{\text{tinggi}} = (1 + 1) / 6 = 0.33$$

$$\mu_{\text{sedang}} = 1 / 6 = 0.17$$

$$\mu_{\text{rendah}} = (1 + 1 + 1) / 6 = 0.5$$

b. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi digunakan untuk mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tunggal (*crisp value*)[19]. Skala output untuk kategori *fuzzy* diasumsikan dengan *code python* Implementasi kode *Python* untuk proses *defuzzifikasi* tersebut ditampilkan pada Gambar 6. *Code Defuzzifikasi*.

```
def defuzzifikasi_mamdani(fuzzy_values):
    bobot = {'rendah': 30, 'sedang': 60, 'tinggi': 90}
    total = sum(fuzzy_values[level] * bobot[level] for level in fuzzy_values)
    total_keanggotaan = sum(fuzzy_values.values())
    return total / total_keanggotaan if total_keanggotaan != 0 else 0
```

Gambar 4. Code *Defuzzifikasi*.

Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 6, yang menunjukkan nilai α , centroid, dan perkalian hingga diperoleh nilai *crisp* diagnosis.

Tabel 6. Nilai Inference

Kategori	α (Min)	Centroid	Nilai
Rendah	0.5	$(0+40)/2 = 20$	$20 \times 0.5 = 10$
Sedang	0.17	$(30+70)/2 = 50$	$50 \times 0.17 = 8.5$
Tinggi	0.33	$(60+100)/2 = 80$	$80 \times 0.33 = 26.4$

$$\text{Nilai Kepastian Akhir} = \frac{10 + 8.5 + 26.4}{0.5 + 0.17 + 0.33} = 44.9$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai kepastian akhir yang diperoleh adalah 44.9%, sehingga sistem menyimpulkan bahwa tingkat keyakinan terhadap penyakit P1 adalah 44.9%.

3.2 Hasil Pengujian

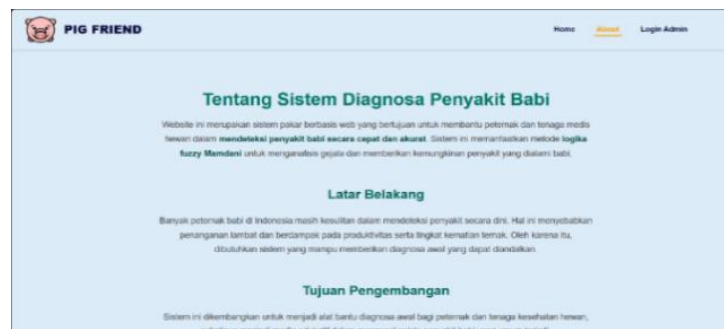
- Halaman *Home* merupakan halaman utama dari sistem pakar diagnosis penyakit babi Pig Friend. Halaman ini menjadi titik awal pengguna dalam mengakses fitur-fitur yang tersedia pada sistem. Tampilan halaman *Home* ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Halaman Home

b. Halaman About

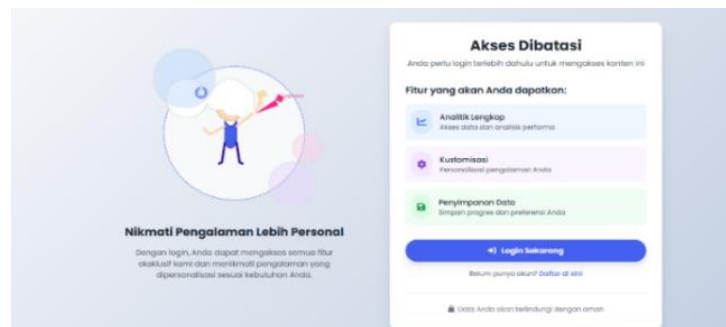
Halaman About pada sistem *Pig Friend* menampilkan informasi mengenai tujuan serta latar belakang pengembangan aplikasi. Halaman ini membantu pengguna memahami fungsi dan manfaat sistem. Tampilan halaman About ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman About

c. Halaman Register Peternak

Halaman Registrasi/Login pada sistem *Pig Friend* berfungsi untuk melakukan pendaftaran pengguna baru sebelum dapat mengakses fitur diagnosis. Halaman ini menyediakan antarmuka pembuatan akun yang membatasi akses bagi pengguna yang belum terdaftar. Tampilan halaman registrasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Registrasi Peterna

d. Halaman Login

Halaman Login pada *Pig Friend* menyediakan tiga jenis akses, yaitu Login Pengguna, Login Pakar, dan Login Admin. Masing-masing disesuaikan dengan peran dan tanggung jawab pengguna. Setiap halaman login memuat kolom email dan password sebagai proses autentikasi. Ilustrasi tampilan halaman login ditunjukkan pada Gambar 8.

Login pengguna

Login Pengguna

Email
gebi12@gmail.com

Password

Belum mempunyai akun? [daftar](#)

Login

Login Pakar

Login Pakar

Email
wibowo@gmail.com

Password

Login

Login Admin

Login Admin

Email
gebi06@gmail.com

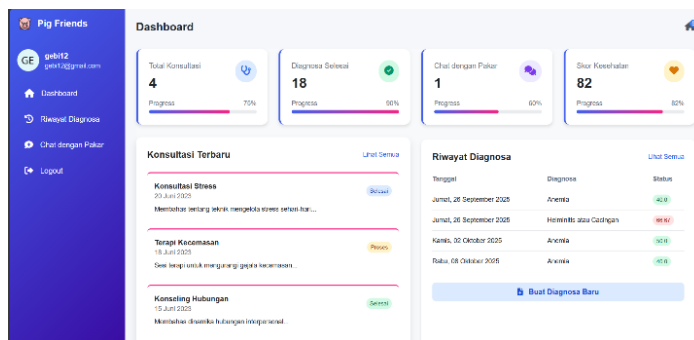
Password

Login

Gambar 8. Halaman Login

e. Halaman *Dashboard* Peternak

Halaman *Dashboard* Peternak menampilkan ringkasan aktivitas seperti jumlah konsultasi, riwayat diagnosis, skor kesehatan, dan akses cepat menuju *fitur chat* dengan pakar. Peternak juga dapat melihat diagnosis terbaru yang telah dilakukan. Tampilan *Dashboard* Peternak dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Halaman *Dashboard* Peternak

f. Halaman Input Gejala

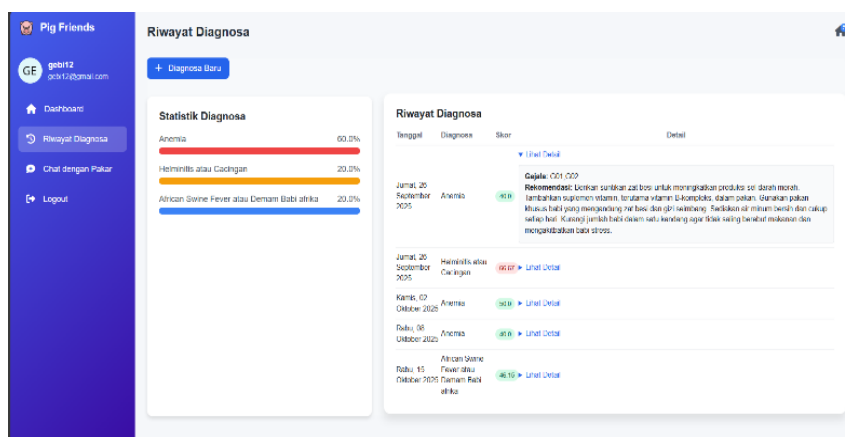
Halaman Input Gejala menyediakan formulir bagi peternak untuk memilih gejala yang dialami ternak, seperti demam, kejang, muntah, atau perilaku abnormal. Setelah memilih gejala, pengguna dapat melanjutkan proses diagnosis dengan menekan tombol “Diagnosa”. Tampilan halaman ini ditunjukkan pada Gambar 10.

The form is titled 'Form Deteksi Penyakit Babi' and contains 11 checkboxes for various symptoms: 1. Pertumbuhan sangat lambat?, 2. Nafsu makan babi menurun?, 3. Apakah kulit babi tampak pucat?, 4. Apakah babi tampak lemas, lesu, atau tidak aktif?, 5. Apakah selaput lendir (gusi, mata, telinga) babi tampak pucat?, 6. Apakah babi mengalami pemapasan cepat?, 7. Apakah denyut jantung babi cepat (takikardia)?, 8. Apakah bulu babi terlihat kusam dan kasar?, 9. Apakah babi lebih senang tidur dari biasanya?, 10. Apakah kotoran yang dihasilkan babi berbentuk cairan?, 11. Apakah feses(kotoran) babi berlendir atau berdarah?.

Gambar 10. Halaman Input Gejala

g. Riwayat Hasil Diagnosis

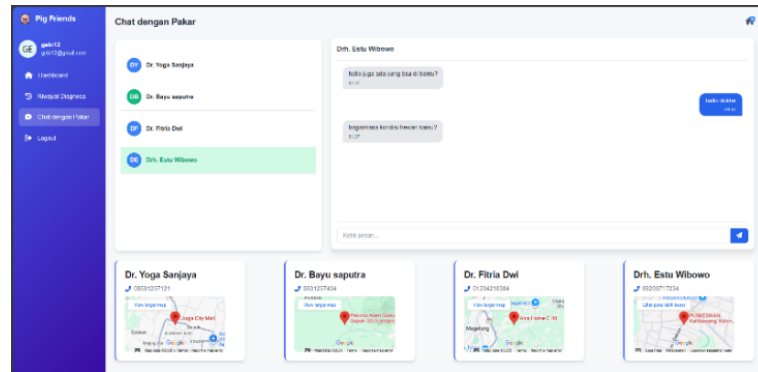
Halaman Hasil Diagnosis menampilkan tiga kemungkinan penyakit beserta persentase, definisi, dan rekomendasi penanganannya. Jika terdeteksi penyakit berbahaya, muncul peringatan otomatis di bagian atas. Riwayat diagnosis tersimpan dan dapat dilihat kembali pada *dashboard* peternak. Tampilan halaman ini disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Halaman Hasil Diagnosis dan Riwayat Hasil Diagnosis

h. Halaman Konsultasi Dengan Pakar

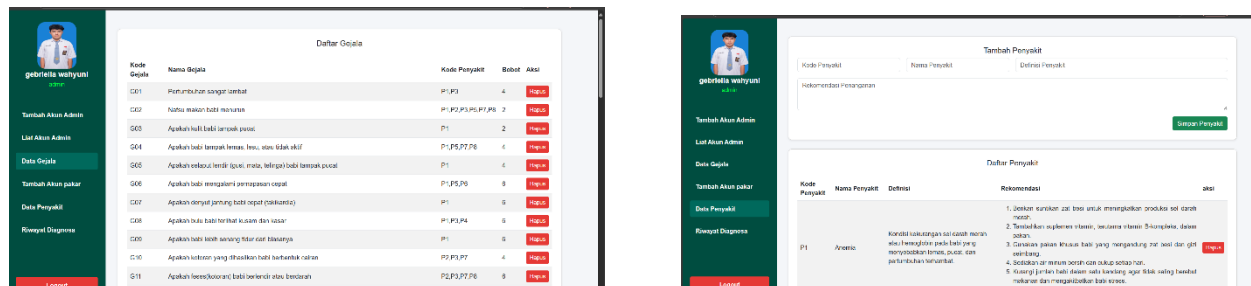
Pada *dashboard* peternak, fitur *Chat* dengan Pakar memungkinkan pengguna berkonsultasi langsung dengan dokter hewan melalui pesan *real-time*. Selain itu, tersedia nomor telepon dan alamat *Google Maps* setiap pakar untuk memudahkan kontak dan kunjungan langsung. Tampilan halaman konsultasi ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Halaman Konsultasi Dengan Peternak

i. Halaman Dashboard Admin

Dashboard Admin ini memungkinkan admin menambahkan akun admin baru dengan mengisi nama, email, *password*, dan foto. Selain itu, admin juga dapat mengelola data gejala, penyakit, pakar, serta riwayat diagnosa melalui menu yang tersedia di sisi kiri. Tampilan halaman Dashboard Admin dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Halaman Tambah Gejala dan Penyakit

3.1 Pembahasan

a. Pengujian Fungsional

Pengujian dilaksanakan memakai metode *blackbox testing*. Pengujian Sistem adalah proses mengevaluasi dan memverifikasi bahwa sistem berfungsi sesuai dengan harapan. Proses ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan manfaat sistem, sehingga dapat mendiagnosis penyakit ternak lebih awal. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh skenario pengujian berhasil dan sesuai dengan hasil yang diharapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi utama aplikasi berjalan optimal.

Tabel 7. Pengujian Fitur Aplikasi

No	Skenario Uji	Hasil Yang diharapkan	Hasil Uji
1.	Menjalankan Aplikasi	Tampilan Halaman <i>Home</i>	Berhasil
2.	Melakukan daftar akun	Tampilan halaman daftar akun	Berhasil
3.	Melakukan <i>login</i> akun dengan mengisi email dan <i>password</i>	Sistem berhasil masuk ke <i>dashboard</i> peternak	Berhasil
4.	Melakukan input gejala	Memilih beberapa gejala dan menekan tombol “Diagnosa”	Berhasil
5.	Menampilkan Hasil diagnosis	Sistem menampilkan nama penyakit, tingkat kepastian, dan saran penanganan	Berhasil
6.	Menyimpan Riwayat diagnosis	Riwayat diagnosis tersimpan di <i>database</i> dan bisa dilihat kembali	Berhasil
7.	Konsultasi dengan pakar	Mengirim pesan melalui fitur <i>chat</i>	Berhasil
8.	Melakukan <i>logout</i>	Melakukan <i>logout</i>	Berhasil
9.	Mengakses <i>dashboard</i> pakar	Mengakses <i>dashboard</i> pakar	Berhasil
10.	Mengakses <i>dashboard</i> admin	Sistem menampilkan halaman utama <i>Dashboard Admin</i>	Berhasil

b. Pengujian Validasi Pengetahuan Pakar

Pengujian validasi pengetahuan pakar dapat mendeskripsikan bahwa sistem bisa memberikan hasil yang cukup akurat dan sesuai dengan gejala yang dimasukkan terhadap diagnosis. Pengujian nilai fungsional juga dilaksanakan dengan cara dibandingkan hasil diagnosis sistem terhadap data pembanding yang bersumber pakar peternakan. Dari 10 sampel pengujian yang diuji, sebanyak 10 hasil diagnosis sistem sesuai dengan hasil diagnosis pakar. Tabel 8 menunjukkan bahwa seluruh hasil diagnosis sistem sesuai dengan diagnosis pakar (100% kesesuaian). Hal ini membuktikan bahwa basis pengetahuan yang digunakan dalam sistem telah tervalidasi dengan baik.

Tabel. 8 Pengujian Fungsional

No	Gejala (Input)	Hasil Diagnosis Sistem	Hasil Diagnosis Pakar	Keterangan
1.	G8, G20, G22, G23, G24, G25.	P4 (<i>Scabies</i>)	P4 (<i>Scabies</i>)	Sesuai
2.	G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09.	P1 (<i>Anemia</i>)	P1 (<i>Anemia</i>)	Sesuai
3.	Tidak ada input gejala	Tidak terdeteksi	Tidak ada hasil	Sesuai
4.	G32	P6 (<i>Penyakit Mulut dan Kuku</i>)	P6 (<i>Penyakit Mulut dan Kuku</i>)	Sesuai
5.	G26, G27, G28, G29	P5 (<i>Cacar</i>)	P5(<i>Cacar</i>)	Sesuai
6.	G10, G11, G12, G13	P2 (<i>Diare</i>)	P2 (<i>Diare</i>)	Sesuai
7.	G11, G33, G35, G41, G42	P8 (<i>African Swine Fever</i>)	P8 (<i>African Swine Fever</i>)	Sesuai
8.	G02, G08, G34, G36, G37	P7 (<i>Hog Cholera</i>)	P7 (<i>Hog Cholera</i>)	Sesuai
9.	G01, G03, G10, G12, G19	P3 (<i>Helminitis</i> atau <i>Cacingan</i>)	P3 (<i>Helminitis</i> atau <i>Cacingan</i>)	Sesuai
10.	G01, G05, G33, G38, G40, G45	P8 (<i>African Swine Fever</i>)	P8 (<i>African Swine Fever</i>)	Sesuai

Dari tabel 8. Tabel Pengujian Fungsional dapat maka berikut rumus yang bisa diambil dari nilai akurasi diagnosis pada sistem:

$$\text{Akurasi Benar} = \frac{\text{Jumlah Kejadian Benar}}{\text{Jumlah Seluruh Kejadian}} \times 100\%$$

Dari rumus diatas maka diketahui nilai akurasi dari sistem dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi Benar} = \frac{10}{10} \times 100\%$$

Oleh karena itu, didasarkan pada penelitian yang telah dilaksanakan dan diuji langsung kebenarannya oleh pakar, dari 10 percobaan diagnosis yang dilakukan, hasil sistem menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 100% dengan pengetahuan pakar.

4. KESIMPULAN

Sistem pakar diagnosis penyakit babi berbasis logika fuzzy Mamdani yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil diimplementasikan sebagai alat bantu cerdas untuk mendukung peternak dan tenaga kesehatan hewan dalam mengidentifikasi penyakit secara cepat, tepat, dan efisien. Sistem ini mampu mengelola data gejala yang bersifat tidak pasti melalui proses inferensi fuzzy sehingga menghasilkan keputusan diagnosis yang akurat. Berdasarkan hasil pengujian validasi terhadap pakar, tingkat akurasi sistem mencapai 100%, menunjukkan bahwa proses penalaran pakar dapat direpresentasikan secara efektif ke dalam bentuk digital. Selain itu, sistem berbasis web ini menyediakan rekomendasi penanganan awal sehingga dapat membantu peternak dalam mengambil langkah cepat untuk mencegah penyebaran penyakit. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa metode fuzzy Mamdani efektif diterapkan pada sistem diagnosis penyakit ternak babi, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi industri peternakan. Ke depan, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambah variasi penyakit, memperluas basis pengetahuan, serta mengintegrasikan data real-time untuk meningkatkan ketepatan diagnosis dan skalabilitas sistem.

REFERENCES

- [1] S. Pt., M. Si. Antonius Jehemat, "Agribisnis Ternak Babi Dari Konsep Hingga Aplikasi," pp. 10–338, 2020.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Populasi Babi menurut Provinsi (Ekor)," Badan Pusat Statistik.
- [3] R. Gultom, K. F. Rinca, M. T. Luju, and M. F. Bollyn, "Potensi Kandungan Nutrisi Pakan Babi pada berbagai Fase Produksi di Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur," *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, vol. 26, no. 2, pp. 60–64, Jun. 2024, doi: 10.25077/jpi.26.2.60-64.2024.
- [4] Nurdianto Triakoso, *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Veteriner Ruminansia, Kuda dan Babi*. 2019.
- [5] R. Gultom, K. F. Rinca, M. T. Luju, and M. F. Bollyn, "Potensi Kandungan Nutrisi Pakan Babi pada berbagai Fase Produksi di Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur," *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, vol. 26, no. 2, pp. 60–64, Jun. 2024, doi: 10.25077/jpi.26.2.60-64.2024.
- [6] N. A. Hasibuan and A. Fau, "Sistem Pakar Kombinasi Metode Certainty Factor dan Dempster Shafer," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 2, pp. 85–90, Jan. 2022, doi: 10.47065/josh.v3i2.1252.
- [7] J. Eska, A. Polibisnis Perdagangan, and U. YPTK Padang, "ANALISA SISTEM DETEKSI KERENTANAN RAWAN BANJIR DI KOTA PERDAGANGAN SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI," 2025. [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [8] H. Mustafidah, I. Gunadi, C. Purbomartono, and E. Zuliarso, "Expert System for Diagnosing Gourami Fish Diseases Using the Certainty Factor Approach," 2025.

- [9] Y. Owel, R. Manik, and G. Ginting, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT HEWAN TERNAK BABI DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS WEB," 2018.
- [10] S. Rija Wadang et al., "SENTIMAS: Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Pig Livestock Disease Diagnostic Expert System Using Web-Based Forward Chaining Method Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Hewan Ternak Babi dengan Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web." [Online]. Available: <https://journal.irpi.or.id/index.php/sentimas>
- [11] J. S. Angdjadi, S. A. S. Mola, and D. Prasetyo, "Penerapan Case Based Reasoning Untuk Mendiagnosa Penyakit Pada Ternak Babi Menggunakan Metode Naive Bayes," 2022.
- [12] "PENERAPAN METODE FUZZY MAMDANI DALAM DIAGNOSA VIRUS PENYEBAB PENYAKIT PADA KUCING." [Online]. Available: <https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/sylog>
- [13] J. Oktaviasanata Ananda Putri and Mg. Rohman, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Influenza Dengan Menggunakan Metode Naive Bayes Berbasis Web."
- [14] C. Kardila, M. R. Muttaqin, and M. G. Resmi, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT PADA DOMBA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI," *INTI Nusa Mandiri*, vol. 18, no. 1, pp. 45–51, Aug. 2023, doi: 10.33480/inti.v18i1.4314.
- [15] O. Purnawirawan and T. Afirianto, "IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZI MAMDANI PADA SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN SOFTWARE APLIKASI MATLAB R2007b, STUDI KASUS: TANAMAN HIDROPONIK SELADA AIR", doi: 10.25126/jtiik.2024117977.
- [16] O. Y. Supriadi and H. Suhendi, "PERANCANGAN SISTEM PAKAR MENDIAGNOSA ANEMIA MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI," *Cetak) Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 4, no. 5.
- [17] Arifinal, W. Fuadi, and A. Razi, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN PEPAYA BERBASIS FUZZY LOGIC MAMDANI: PENDEKATAN EFISIEN UNTUK IDENTIFIKASI DINI," *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 10, no. 2, Jul. 2025, doi: 10.36341/rabit.v10i2.6433.
- [18] S. Ainah, Y. N. C. Khotimah, A. Maharani, V. H. Pranatawijaya, and R. Priskila, "Implementasi Sistem Pakar Forward Chaining pada Deteksi Penyakit Tanaman Selada," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 1, pp. 241–253, Mar. 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i1.13613.
- [19] Thomas Andrew Imanzaghi, Henni Endah Wahanani, and Agung Mustika Rizki, "Implementasi Metode Fuzzy Mamdani pada Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Demam Berdarah," *Bridge : Jurnal publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, vol. 3, no. 1, pp. 01–20, Feb. 2025, doi: 10.62951/bridge.v3i1.378.
- [20] R. Mahdalena Simanjorang, A. Simangunsong, M. Arifin, M. Yamin, T. Informatika, and S. Pelita Nusantara, "Penerapan Sistem Pakar Dalam Diagnosis Dini Penyakit Jantung Dengan Metode Sistem Inferensi Fuzzy," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI V)*, vol. 7, no. 1, pp. 131–142, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jikom>
- [21] R. Nandang Pratama and Y. A. Susetyo, "Implementasi Python API dengan Framework Flask sebagai Cloud Run Service Untuk Proses Update di PT. XYZ," 2024.
- [22] D. J. Evan and P. O. N. Saian, "IMPLEMENTASI PYTHON FRAMEWORK FLASK PADA MODUL TRANSFER OUT TOKO DI PT XYZ," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 1121–1131, Nov. 2023, doi: 10.29100/jipi.v8i4.4020.
- [23] IG Wahyu Sanjaya, "Electronic Procurement Website Service Quality and Customer Loyalty Using The Pieces Method, A Case Study of The Denpasar City Government," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 12, no. 2, pp. 294–303, Jul. 2023, doi: 10.23887/janapati.v12i2.61325.