

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Kambing Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android

Ifham Burhanain Adlan^{1*}, Tholib Hariono²

^{1,2}Sistem Information, Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

*Email: ifhamburhan3@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to develop an Android-based expert system for diagnosing goat diseases using the Fuzzy Tsukamoto method. The system is designed to assist farmers in conducting early and independent diagnoses based on observable symptoms. The Fuzzy Tsukamoto method is applied because it produces crisp output values through monotonic membership functions, enabling clearer and more measurable decision results. The system was implemented using Cordova and Framework7 for the mobile interface, with Node.js, Express, and MySQL as the backend and database for diseases, symptoms, and fuzzy rules. The system includes several main modules: Diagnosis, Disease Data, Symptom Data, Diagnosis History, and Database Management. The diagnostic process involves converting symptom inputs into membership values, applying fuzzy rules, and calculating crisp outputs representing disease likelihood levels. System testing involved functional testing, Black Box testing, and accuracy evaluation. The results indicate that all features operate correctly without errors. Based on validation against 20 test cases by domain experts, the system achieved 90% accuracy, demonstrating that the Tsukamoto method provides reliable and measurable diagnostic performance.

Keywords: Expert System; Fuzzy Tsukamoto; Goat Disease Diagnosis; Android; Mobile Application;

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit kambing berbasis Android dengan metode Fuzzy Tsukamoto. Sistem ini dirancang untuk membantu peternak melakukan diagnosis awal secara mandiri berdasarkan gejala yang tampak pada ternak. Metode Fuzzy Tsukamoto dipilih karena mampu menghasilkan keluaran crisp melalui fungsi keanggotaan monoton, sehingga hasil diagnosis lebih terukur dan mudah dipahami. Implementasi sistem menggunakan Cordova dan Framework7, dengan Node.js, Express, dan MySQL sebagai backend dan basis data penyakit, gejala, serta aturan fuzzy. Sistem terdiri dari beberapa modul utama, yaitu Diagnosa, Data Penyakit, Data Gejala, Riwayat Diagnosa, dan Manajemen Basis Data. Proses diagnosis dilakukan melalui fuzzifikasi input gejala, penerapan aturan fuzzy, dan perhitungan nilai crisp sebagai tingkat kemungkinan penyakit. Pengujian meliputi uji fungsional, uji Black Box, serta pengujian akurasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fitur berjalan dengan baik. Dari 20 kasus uji yang divalidasi oleh pakar, sistem memperoleh akurasi 90%, sehingga metode Tsukamoto terbukti mampu memberikan diagnosis yang akurat dan konsisten.

Kata-kata Kunci: Sistem Pakar; Fuzzy Tsukamoto; Penyakit Kambing; Diagnosa; Android;

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan nasional tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan pangan nabati, tetapi juga oleh ketersediaan protein hewani yang berkualitas. Kambing merupakan salah satu sumber protein hewani penting di Indonesia karena mampu menghasilkan daging dan susu, serta menjadi sumber pendapatan utama bagi masyarakat pedesaan. Peternakan kambing relatif mudah dikelola, tidak membutuhkan lahan luas, dan memiliki nilai ekonomi yang menjanjikan dalam mendukung peningkatan kesejahteraan peternak dan stabilitas pangan nasional

Namun, sektor peternakan kambing menghadapi tantangan besar berupa tingginya prevalensi penyakit. Beberapa penyakit yang umum menyerang kambing antara lain scabies, orf,

mastitis, enterotoxemia, cacingan, pneumonia, antraks, brucellosis, ephemeral fever, foot rot, keracunan urea, kembung, dan septikemia epizootica. Keterlambatan diagnosis sering menyebabkan penyebaran penyakit, penurunan produktivitas, hingga kematian ternak yang berdampak pada kerugian ekonomi peternak

Di lapangan, proses diagnosis masih sangat bergantung pada pengetahuan empiris peternak atau menunggu dokter hewan, padahal ketersediaan tenaga medis di daerah pedesaan sangat terbatas. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan penanganan dan rendahnya efektivitas pengendalian penyakit. Hal ini sejalan dengan penelitian (Wijaya, 2013) yang juga menekankan perlunya sistem pakar untuk membantu pemeriksaan awal kesehatan hewan. menurut (Gustiani, 2020), sistem pakar pada bidang kesehatan hewan telah banyak digunakan untuk membantu identifikasi penyakit secara cepat di lapangan.

Permasalahan tersebut menuntut adanya solusi berbasis teknologi yang mampu membantu peternak melakukan identifikasi penyakit secara cepat, tepat, dan mandiri. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dengan logika fuzzy menjadi salah satu pendekatan yang relevan, karena dapat mengolah data gejala yang tidak pasti, tumpang tindih, dan bersifat linguistik. Menurut (Astriratma et al., 2024), logika fuzzy terbukti efektif dalam meningkatkan ketepatan diagnosis pada kasus medis yang melibatkan ketidakpastian data. Di sisi lain, Fuzzy Tsukamoto memiliki keunggulan berupa kemampuan menghasilkan output crisp yang lebih terukur dibandingkan metode fuzzy lainnya, sehingga lebih sesuai untuk diagnosis penyakit kambing yang memiliki variasi tingkat keparahan gejala.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan fuzzy dalam diagnosis penyakit hewan. (Mahessya et al., 2022) mengembangkan sistem diagnosis penyakit kambing kurban berbasis web menggunakan logika fuzzy dan mampu mengidentifikasi penyakit dengan kombinasi gejala, namun tidak menghasilkan nilai keluaran crisp. (Rialdi et al., 2018) menggunakan metode F-KNN untuk identifikasi penyakit kambing, tetapi metode tersebut belum mendukung inferensi fuzzy sepenuhnya. Penelitian (Kardila et al., 2023) menunjukkan bahwa sistem pakar untuk diagnosis penyakit domba menggunakan Fuzzy Mamdani mampu mencapai akurasi 80%, tetapi belum diimplementasikan pada platform mobile. Sementara itu, (Soebroto et al., 2022) membuktikan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto sangat efektif dengan tingkat akurasi 84,44% pada diagnosis penyakit stroke manusia

Dari penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa meskipun penerapan fuzzy di bidang peternakan terbukti efektif, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih berbasis web atau desktop sehingga kurang sesuai untuk penggunaan lapangan yang memerlukan mobilitas tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kambing Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android sebagai solusi yang lebih praktis, adaptif, dan mudah diakses peternak. Sistem ini dirancang untuk membantu proses diagnosis awal melalui input gejala yang terukur, sehingga peternak dapat melakukan tindakan penanganan lebih cepat dan mengurangi risiko kematian ternak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan sistem (research and development) dengan pendekatan kuantitatif rekayasa perangkat lunak. Penelitian berfokus pada perancangan dan implementasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kambing berbasis Android menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Prosedur penelitian meliputi pengumpulan data gejala dan penyakit, perancangan model fuzzy, pengembangan aplikasi, serta pengujian akurasi sistem.

1. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain system development dengan model pengembangan Waterfall, yang meliputi tahap: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan sistem, (3) implementasi, (4) pengujian, dan (5) pemeliharaan. Model ini dipilih karena memberikan alur kerja yang sistematis dan mudah ditelusuri.

2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian meliputi: (1) peternak kambing sebagai pengguna sistem, (2) dokter hewan sebagai pakar untuk validasi data dan hasil diagnosis, serta (3) data kasus penyakit kambing yang ditemukan di lapangan.

3. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder.

- a. Data primer diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur dengan dokter hewan dan peternak, observasi gejala penyakit di peternakan, serta uji coba sistem menggunakan kasus nyata.
- b. Data sekunder diperoleh dari jurnal, buku, laporan penelitian, dan dokumentasi resmi mengenai karakteristik penyakit kambing.

Teknik pengumpulan data meliputi wawancara, observasi, studi dokumentasi, serta uji validasi hasil diagnosis.

4. Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian terdiri atas:

- a. Identifikasi gejala dan penyakit melalui wawancara dan observasi.
- b. Penyusunan himpunan fuzzy, parameter derajat keanggotaan, dan rule base berdasarkan data primer dan literatur.
- c. Perancangan sistem, meliputi desain antarmuka, rancangan basis data, dan arsitektur inferensi Fuzzy Tsukamoto.
- d. Implementasi aplikasi berbasis Android menggunakan Cordova, Framework7, dan Node.js.
- e. Pengujian sistem, meliputi: uji fungsionalitas, uji ketepatan diagnosis menggunakan perbandingan dengan hasil diagnosis pakar, evaluasi menggunakan confusion matrix (akurasi, precision, recall, dan f1-score).

5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan meliputi: lembar wawancara, daftar gejala dan penyakit, rule base fuzzy, perangkat lunak analisis (browser devtools, emulator Android), aplikasi sistem pakar sebagai instrumen utama untuk memperoleh data hasil diagnosis.

6. Alat dan Bahan Penelitian

Perangkat keras yang digunakan berupa komputer pengembangan dan smartphone Android. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Visual Studio Code, Apache Cordova, Framework7, MySQL/IndexedDB, dan emulator Android. Bahan penelitian terdiri dari data gejala, data penyakit, aturan fuzzy, serta data uji diagnosis.

7. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Sepanyul, Kecamatan Gudo, Kabupaten Jombang selama periode Januari–Desember 2025.

8. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui:

- a. Analisis kebutuhan sistem berdasarkan hasil wawancara dan observasi.
- b. Analisis inferensi fuzzy melalui tahapan fuzzifikasi, rule evaluation, dan defuzzifikasi Tsukamoto.
- c. Analisis akurasi sistem menggunakan confusion matrix dengan membandingkan hasil diagnosis aplikasi dan diagnosis pakar.

9. Model Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Model inferensi Fuzzy Tsukamoto pada sistem ini dibangun berdasarkan basis pengetahuan yang diperoleh dari wawancara dengan dokter hewan Desa Sepanyul serta studi literatur terkait penyakit kambing. Basis pengetahuan tersebut mencakup 13 penyakit dan 42 gejala dominan yang dijadikan dasar penyusunan rule fuzzy.

- a. Basis Pengetahuan Penyakit–Gejala

Penelitian ini menggunakan basis pengetahuan yang terdiri dari 13 penyakit kambing dan 47 gejala utama yang diperoleh dari hasil wawancara pakar dan studi literatur. Setiap

penyakit memiliki pola gejala spesifik yang dijadikan dasar penyusunan rule fuzzy. Tabel berikut menampilkan ringkasan sebagian basis pengetahuan sebagai representasi struktur data yang digunakan sistem.

Tabel 1. Ringkasan Basis Pengetahuan Penyakit–Gejala

Kode Penyakit	Nama Penyakit	Gejala Dominan
P01	Scabies (Kudis)	Gatal intens, kulit menebal, koreng, bulu rontok
P02	Orf (Sore Mouth)	Luka pada bibir, lepuh mulut, nafsu makan turun
P03	Mastitis	Pembengkakan ambing, susu menggumpal, demam
P04	Enterotoxemia	Diare, lemas, nafsu makan hilang
P05	Pneumonia	Batuk, demam, kesulitan bernapas

b. Fungsi Keanggotaan (Membership Function)

Setiap gejala direpresentasikan menggunakan fungsi keanggotaan linear (naik atau turun) yang menggambarkan intensitas gejala dari rendah hingga tinggi. Parameter fungsi keanggotaan diperoleh dari pakar berdasarkan tingkat keparahan gejala.

Tabel 2. Parameter Fungsi Keanggotaan Gejala “Gatal Intens”

Himpunan	Jenis MF	Parameter
Rendah	Linear Turun	$a = 0, b = 3$
Sedang	Segitiga	$a = 2, b = 5, c = 7$
Tinggi	Linear Naik	$a = 6, b = 10$

c. Rule Base Metode Fuzzy Tsukamoto

Rule fuzzy disusun berdasarkan hubungan antara gejala dan penyakit. Total terdapat 68 aturan (rules) yang digunakan dalam inferensi. Setiap rule menggunakan bentuk:

IF (Gejala1 = A) AND (Gejala2 = B) THEN (Penyakit = μ)

dengan konsekuensi berupa fungsi keanggotaan monoton, sesuai karakteristik metode Tsukamoto.

Berikut beberapa contoh rule:

- R1: IF Gatal Intens = Tinggi AND Kulit Menebal = Tinggi THEN Scabies = Tinggi
 - R7: IF Luka Mulut = Tinggi AND Nafsu Makan = Rendah THEN Orf = Sedang
 - R12: IF Pembengkakan Ambing = Tinggi AND Susu Menggumpal = Sedang THEN Mastitis = Tinggi
 - R25: IF Batuk = Tinggi AND Demam = Tinggi THEN Pneumonia = Tinggi
- Rule ini menjadi dasar proses fuzzifikasi → inferensi → defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai crisp probabilitas penyakit.

d. Contoh Perhitungan Diagnosis Menggunakan Fuzzy Tsukamoto

Untuk memperjelas proses inferensi, berikut contoh sederhana diagnosis penyakit Scabies berdasarkan dua gejala:

1) Fuzzifikasi

Misal nilai input:

Gatal = 4 → μ Tinggi = 0.8

Kulit Menebal = 3,5 → μ Tinggi = 0.7

2) Inferensi (α -predikat)

Rule R1:

IF Gatal = Tinggi AND Kulit Menebal = Tinggi
THEN Scabies = Tinggi

Nilai α :

$$\alpha = \min(0.8, 0.7) = 0.7$$

3) Defuzzifikasi

Dengan MF monotonic linear:

$$z = a + \alpha(b - a)$$

Misal parameter Scabies-Tinggi: $a = 0.6$, $b = 1.0$

$$z = 0.6 + 0.7(1.0 - 0.6) = 0.88$$

4) Hasil

Nilai crisp 0.88 \rightarrow 88% kemungkinan Scabies.

Contoh ini menunjukkan bagaimana sistem menghasilkan angka probabilitas, bukan sekadar kategori linguistik.

10. Pengujian Sistem

a. Pengujian Fungsional (Black Box)

Pengujian Black Box dilakukan untuk memastikan seluruh fitur bekerja sesuai spesifikasi, termasuk modul diagnosa, pengelolaan data gejala dan penyakit, riwayat diagnosa, serta fungsi backup/restore. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fitur berjalan valid tanpa error.

Tabel 3. Rencana Pengujian Fungsional

No	Fitur yang Diuji	Deskripsi Pengujian
1	Login / Register	Pengguna dapat login atau mendaftar akun baru
2	Menu Diagnosa	Pengguna memilih gejala dan menjalankan proses diagnosis
3	Proses Fuzzy Tsukamoto	Sistem melakukan perhitungan inferensi berdasarkan bobot gejala
4	Tampilkan Data Penyakit	Menampilkan daftar dan detail penyakit kambing
5	Riwayat Diagnosa	Menampilkan hasil diagnosis sebelumnya
6	Management Data	Menyimpan data hasil diagnosis ke file eksternal
7	Management Data	Mengembalikan data dari file backup

b. Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem dalam menentukan hasil diagnosis penyakit kambing berdasarkan data gejala yang diinput. Pengujian akurasi dilakukan menggunakan 20 data uji yang telah divalidasi oleh pakar. Setiap data uji berisi satu kasus diagnosa dengan label Actual (diagnosa dari pakar) dan Prediction (diagnosa yang dihasilkan sistem).

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Hasil Diagnosa Sesuai}}{\text{Jumlah Seluruh Kasus Uji}} \times 100\%$$

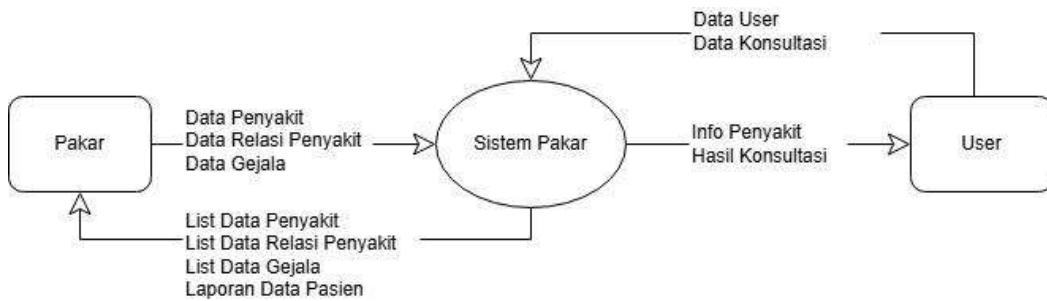
Gambar 1. Rumus Perhitungan Akurasi

11. Arsitektur Sistem

Sistem dirancang berbasis Android dengan pembagian komponen frontend, backend, dan basis data sebagai berikut:

- Cordova dan Framework7 digunakan sebagai kerangka kerja untuk membangun antarmuka aplikasi mobile.
- Node.js dan Express.js digunakan untuk menangani proses logika sistem, termasuk perhitungan fuzzy, pengelolaan data, dan layanan API.
- MySQL digunakan sebagai basis data untuk menyimpan tabel penyakit, gejala, aturan fuzzy, riwayat diagnosa, serta data pengguna.

Skema perancangan sistem divisualisasikan pada Gambar 1. Perancangan Sistem yang menjelaskan keterhubungan antar komponen aplikasi.



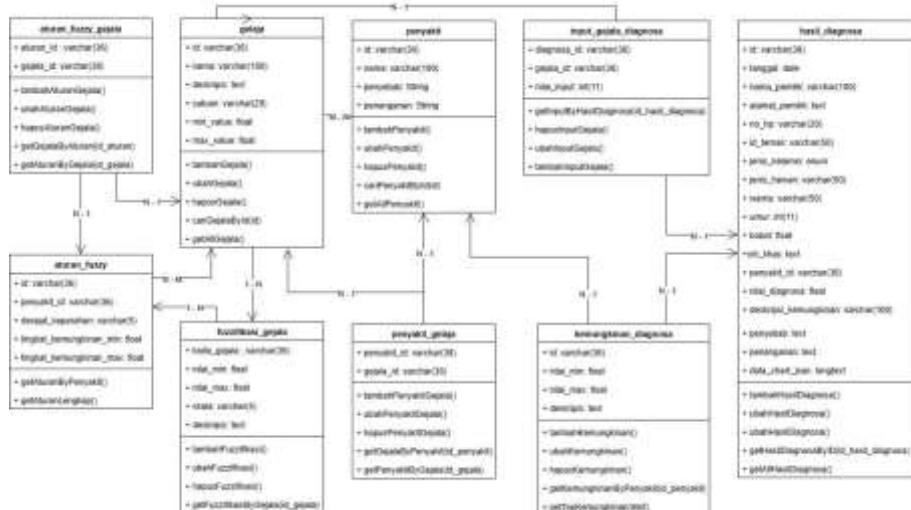
Gambar 2. Perancangan Sistem

12. Aplikasi terdiri dari beberapa modul utama:

- Modul Diagnosa – menerima input gejala dan menjalankan proses fuzzy Tsukamoto
- Modul Data Penyakit – menampilkan daftar penyakit dan detailnya
- Modul Data Gejala – menampilkan daftar gejala beserta kode dan tingkat keparahannya
- Modul Riwayat Diagnosa – menyimpan hasil diagnosa pengguna sebelumnya
- Modul Manajemen Data – mendukung pengolahan data pada *database*

13. Class Diagram

Menampilkan struktur kelas dalam sistem, termasuk atribut, relasi antar kelas (gejala, penyakit, pengguna, rule fuzzy), dan metode yang relevan.



Gambar 3. Class Diagram

14. Tampilan antarmuka (UI)

Antarmuka aplikasi dirancang sederhana untuk memudahkan peternak. Struktur navigasi terdiri dari menu Beranda, Diagnosa, Data Penyakit, Data Gejala, Riwayat Diagnosa, Manajemen Database, dan Tentang Aplikasi. Fitur Diagnosa menjadi modul inti, memungkinkan pengguna memilih gejala, kemudian sistem mengonversinya menjadi derajat keanggotaan, menghitung inferensi tiap aturan, dan menghasilkan nilai crisp sebagai tingkat kemungkinan penyakit.



Gambar 4. Tangkap Layar: (a) Halaman Utama, (b) Input Data Diagnosa, (c) Hasil Diagnosa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pakar diagnosis penyakit kambing berbasis Android berhasil diimplementasikan menggunakan arsitektur hybrid (Cordova + Framework7) dengan backend Node.js-Express dan basis data MySQL. Sistem mengadopsi metode Fuzzy Tsukamoto untuk menghitung tingkat kemungkinan penyakit berdasarkan input gejala yang diberikan pengguna. Seluruh aturan fuzzy, nilai keanggotaan, dan data penyakit diolah oleh server sehingga aplikasi dapat menampilkan hasil diagnosis dalam bentuk nilai crisp dan persentase probabilitas.

Hasil Pengujian Sistem

- Pengujian Fungsional (Black Box)

Pengujian fungsional dilakukan pada seluruh fitur utama sistem untuk memverifikasi bahwa setiap fungsi bekerja sesuai spesifikasi. Pengujian mencakup modul Diagnosa, Data Gejala, Data Penyakit, Riwayat Diagnosa, serta fitur management data.

Tabel 4. Hasil Pengujian Black Box

No	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Login / Register	Halaman utama terbuka setelah login berhasil	Berhasil
2	Menu Diagnosa	Sistem menampilkan hasil diagnosis penyakit	Berhasil
3	Proses Fuzzy Tsukamoto	Nilai crisp dan penyakit dengan kemungkinan tertinggi muncul	Berhasil
4	Tampilkan Data Penyakit	Data penyakit tampil lengkap	Berhasil
5	Riwayat Diagnosa	Data diagnosis tampil sesuai urutan waktu	Berhasil
6	Management Data	File backup tersimpan dengan benar	Berhasil
7	Management Data	Data berhasil dipulihkan	Berhasil
8	Tentang Aplikasi	Informasi tampil dengan benar	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan valid tanpa error, termasuk tampilan informasi penyakit, proses penyimpanan hasil diagnosis, serta pemulihan data dari backup. Seluruh fungsi dinyatakan berhasil dan memenuhi kebutuhan operasional sistem.

- Pengujian Akurasi Diagnosa

Pengujian akurasi dilakukan menggunakan 20 kasus uji yang telah divalidasi oleh pakar/dokter hewan. Setiap kasus berisi daftar gejala yang diamati, kemudian dibandingkan antara:

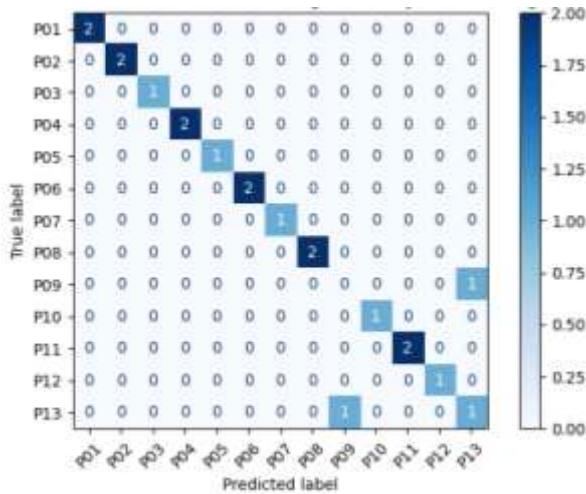
- Actual → diagnosis pakar
- Prediction → diagnosis yang dihasilkan oleh sistem

Dari 20 kasus yang diuji, 18 kasus terdiagnosa benar, memberikan nilai akurasi sebesar 90%. Sistem berhasil mengidentifikasi Scabies berdasarkan kombinasi gejala seperti gatal intens, kulit menebal, bercak keropeng, dan bulu rontok. Sistem juga mampu mengidentifikasi penyakit lain seperti Orf, Mastitis, Enterotoxemia, dan Foot Rot dengan tingkat kesesuaian tinggi terhadap diagnosis pakar. Rangkuman akurasi tercantum dalam tabel pengujian, dan menunjukkan performa inferensi fuzzy yang stabil serta relevan dengan situasi diagnosis klinis pada hewan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Akurasi Diagnosa

No	Kasus Uji	Actual	Prediction	Correct
1	Case 1	Scabies (Kudis)	Scabies (Kudis)	✓ <input type="checkbox"/>
2	Case 2	Orf (Sore Mouth)	Orf (Sore Mouth)	✓ <input type="checkbox"/>
3	Case 3	Mastitis	Mastitis	✓ <input type="checkbox"/>
4	Case 4	Enterotoxemia	Enterotoxemia	✓ <input type="checkbox"/>
5	Case 5	Helminthiasis	Helminthiasis	✓ <input type="checkbox"/>
6	Case 6	Pneumonia	Pneumonia	✓ <input type="checkbox"/>
7	Case 7	Antraks	Antraks	✓ <input type="checkbox"/>
8	Case 8	Brucellosis	Brucellosis	✓ <input type="checkbox"/>
9	Case 9	Septikemia Epizootica	Demam Tiga Hari (Ephemeral Fever)	✗
10	Case 10	Radang Kuku (Foot Rot)	Radang Kuku (Foot Rot)	✓ <input type="checkbox"/>
11	Case 11	Keracunan Urea	Keracunan Urea	✓ <input type="checkbox"/>
12	Case 12	Kembung (Bloat)	Kembung (Bloat)	✓ <input type="checkbox"/>
13	Case 13	Septikemia Epizootica	Septikemia Epizootica	✓ <input type="checkbox"/>
14	Case 14	Orf (Sore Mouth)	Orf (Sore Mouth)	✓ <input type="checkbox"/>
15	Case 15	Pneumonia	Pneumonia	✓ <input type="checkbox"/>
16	Case 16	Scabies (Kudis)	Scabies (Kudis)	✓ <input type="checkbox"/>
17	Case 17	Enterotoxemia	Enterotoxemia	✓ <input type="checkbox"/>
18	Case 18	Brucellosis	Brucellosis	✓ <input type="checkbox"/>
19	Case 19	Keracunan Urea	Keracunan Urea	✓ <input type="checkbox"/>
20	Case 20	Demam Tiga Hari (Ephemeral Fever)	Septikemia Epizootica	✗

Secara umum, performa sistem berada pada tingkat yang sangat tinggi, ditunjukkan oleh nilai 1.00 pada sebagian besar kelas penyakit (P01–P13), kecuali pada P09 dan P13. Rendahnya nilai pada kedua kelas tersebut disebabkan oleh terjadinya cross-prediction, yaitu salah prediksi silang antara dua penyakit yang memiliki pola gejala yang sangat mirip. Kondisi ini menyebabkan precision dan recall pada kedua kelas tersebut turun dibandingkan kelas lainnya.



Gambar 5. Confusion Matrix Sistem

$$Akurasi = \frac{18}{20} \times 100\% = 90\%$$

Gambar 6. Rumus Perhitungan Akurasi

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan sangat baik, ditunjukkan oleh akurasi total sebesar 90%, di mana 18 dari 20 kasus uji berhasil diprediksi dengan benar dan hanya dua kasus yang mengalami kesalahan klasifikasi. Dominasi nilai precision, recall, dan F1-score yang sempurna pada 13 dari 15 penyakit menegaskan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi penyakit kambing secara konsisten dan reliabel berdasarkan kombinasi gejala yang diberikan. Dengan demikian, sistem dapat dinilai layak digunakan sebagai alat bantu diagnosis awal di lapangan karena mampu menghasilkan performa pengenalan penyakit yang tinggi.

	precision	recall	f1-score	support
P01	1.00	1.00	1.00	2
P02	1.00	1.00	1.00	2
P03	1.00	1.00	1.00	1
P04	1.00	1.00	1.00	2
P05	1.00	1.00	1.00	1
P06	1.00	1.00	1.00	2
P07	1.00	1.00	1.00	1
P08	1.00	1.00	1.00	2
P09	0.00	0.00	0.00	1
P10	1.00	1.00	1.00	1
P11	1.00	1.00	1.00	2
P12	1.00	1.00	1.00	1
P13	0.50	0.50	0.50	2
accuracy				0.90
macro avg				0.88
weighted avg				0.90

Gambar 7. Precision / Recall / F1-score

Pembahasan

• Analisis Kinerja Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pakar telah memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu menyediakan alat bantu diagnosis yang praktis dan mudah digunakan oleh peternak. Antarmuka aplikasi yang sederhana dan alur input yang memandu pengguna membuat sistem dapat dipakai tanpa memerlukan pengetahuan teknis tentang logika fuzzy.

Menu-menu navigasi dan struktur pertanyaan dirancang untuk meminimalkan kesalahan input, sehingga proses diagnosis menjadi lebih cepat dan efisien. Hasil implementasi halaman diagnosa, riwayat, dan manajemen data juga menunjukkan stabilitas sistem ketika digunakan secara berulang.

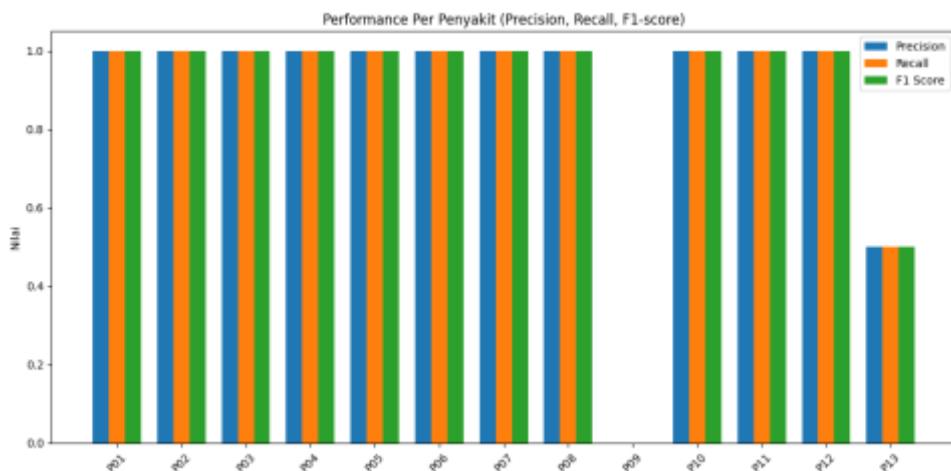
Analisis Performa Metode Fuzzy Tsukamoto

Metode Fuzzy Tsukamoto terbukti mampu menghasilkan diagnosis yang terukur melalui keluaran crisp, yang sangat bermanfaat dalam menentukan tingkat kemungkinan penyakit. Kelebihan metode ini adalah konsekuensi aturan fuzzy yang monoton, sehingga proses defuzzifikasi menghasilkan nilai akhir yang lebih stabil dan mudah diinterpretasikan.

Akurasi 90% yang diperoleh sejalan dengan penelitian sebelumnya:

- (Soebroto et al., 2022): akurasi 84,44% pada diagnosis stroke berbasis Fuzzy Tsukamoto.
- (Kardila et al., 2023): sistem pakar penyakit domba berbasis Fuzzy Mamdani mencapai akurasi 80%.
- (Mahessya et al., 2022): fuzzy berbasis web mampu mengidentifikasi penyakit kambing, namun tanpa output crisp.

Kinerja sistem yang tinggi menunjukkan bahwa penerapan Tsukamoto dalam domain kesehatan hewan sangat sesuai, terutama karena gejala penyakit kambing bersifat tumpang tindih dan tidak dapat dikuantifikasi secara biner.



Gambar 8. Performa Per Penyakit

- Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan sistem diagnosis penyakit kambing berbasis Android, berbeda dari sebagian besar penelitian sebelumnya yang masih berbasis web atau desktop. Pendekatan mobile sangat relevan bagi peternak yang bekerja di lapangan, memungkinkan diagnosis dilakukan secara real-time tanpa perangkat komputer.

Sementara itu, (Bahar et al., 2018) menggunakan metode F-KNN untuk diagnosis penyakit kambing, namun metode tersebut memiliki keterbatasan dalam pengolahan data linguistik. Sedangkan penelitian (Rizki Setyawan, 2023) juga mengembangkan sistem berbasis Android, meskipun menggunakan metode Certainty Factor, bukan fuzzy.

Selain itu, jumlah penyakit yang dicakup lebih banyak (13 penyakit) dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya membahas 3–6 penyakit kambing, sehingga cakupan sistem lebih komprehensif. Penggunaan metode Fuzzy Tsukamoto juga memberikan keunggulan dalam kejelasan nilai keluaran dan pengambilan keputusan yang lebih terukur dibandingkan metode fuzzy lainnya.

- Ringkasan Temuan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, temuan penelitian dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. Sistem pakar berbasis Android mampu berjalan dengan baik dan memberikan diagnosis yang cepat serta mudah digunakan oleh peternak.
- b. Metode Fuzzy Tsukamoto memberikan hasil diagnosis yang stabil dengan nilai crisp yang jelas dan mendekati hasil analisis pakar.
- c. Sistem mencapai akurasi 90%, sehingga layak digunakan sebagai alat bantu diagnosis awal sebelum pemeriksaan medis lebih lanjut.
- d. Aplikasi lebih praktis dibandingkan sistem berbasis web/desktop, karena dapat digunakan langsung di lapangan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, basis pengetahuan penyakit dan gejala masih terbatas pada 13 jenis penyakit dan 47 gejala, sehingga akurasi diagnosis dapat berkurang pada kasus penyakit yang memiliki karakteristik mirip atau gejala yang belum tercakup dalam sistem. Kedua, proses diagnosis masih bergantung pada input manual dari pengguna, sehingga hasil diagnosis dapat dipengaruhi oleh subjektivitas dalam menilai tingkat keparahan gejala. Ketiga, sistem belum terintegrasi dengan perangkat Internet of Things (IoT), sehingga tidak dapat melakukan pengukuran kondisi kambing secara otomatis dan real-time. Keempat, pengujian akurasi dilakukan pada jumlah sampel terbatas, yaitu 20 kasus uji, sehingga validitas hasil dapat ditingkatkan melalui pengujian pada populasi ternak yang lebih besar dan beragam. Terakhir, sistem membutuhkan koneksi internet untuk beroperasi penuh karena proses inferensi dilakukan pada server, sehingga pengguna di daerah dengan jaringan terbatas dapat mengalami kendala akses.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit kambing berbasis Android menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Sistem dirancang untuk membantu peternak melakukan diagnosis awal secara cepat dan mandiri melalui input gejala yang terstruktur. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pakar berhasil berjalan dengan baik dan seluruh fitur, termasuk modul diagnosa, data gejala, data penyakit, riwayat diagnosa, serta backup–restore, berfungsi sesuai spesifikasi melalui pengujian Black Box yang menunjukkan tidak adanya error.
2. Penerapan metode Fuzzy Tsukamoto mampu menghasilkan nilai crisp tingkat kemungkinan penyakit yang stabil, terukur, dan mudah dipahami pengguna, sehingga efektif digunakan dalam proses pengambilan keputusan diagnosis awal.
3. Berdasarkan pengujian terhadap 20 kasus uji yang divalidasi oleh pakar, sistem memperoleh akurasi sebesar 90%, menunjukkan bahwa metode yang digunakan mampu memberikan hasil diagnosis yang sangat mendekati analisis pakar.
4. Implementasi dalam platform Android membuat sistem lebih praktis, portable, dan sesuai kebutuhan peternak di lapangan, dibandingkan pendekatan berbasis web atau desktop pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Secara keseluruhan, sistem ini dapat dijadikan alat bantu diagnosis awal untuk peternak sebelum dilakukan pemeriksaan lanjutan oleh dokter hewan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang masih ditemukan, beberapa langkah pengembangan dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan cakupan sistem, antara lain:

- Penambahan Penyakit dan Gejala Baru; Sistem dapat dikembangkan dengan memperluas basis pengetahuan, termasuk menambah jenis penyakit, variasi gejala, serta tingkat keparahan untuk meningkatkan akurasi diagnosis.

- Integrasi Sensor IoT; Sistem dapat diintegrasikan dengan perangkat Internet of Things (IoT) untuk menangkap data vital kambing secara real-time, seperti suhu tubuh, nafsu makan, atau aktivitas harian.
- Peningkatan Antarmuka (UI/UX); Perlu dilakukan peningkatan desain antarmuka agar lebih intuitif dan ramah pengguna, serta mendukung visualisasi tingkat penyakit secara grafis.
- Fitur Konsultasi Pakar; Aplikasi dapat ditambahkan fitur konsultasi langsung dengan dokter hewan melalui chat atau unggah foto kondisi ternak untuk meningkatkan akurasi penilaian.
- Pengujian Lapangan Lebih Luas; Sistem sebaiknya diuji pada populasi ternak lebih besar dan beragam untuk memperoleh validasi akurasi yang lebih komprehensif serta memastikan performa aplikasi di berbagai kondisi peternakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astriratma, R., Mega Santoni, M., & Nurramdhani Irmarda, H. (2024). SPK Berbasis Web Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Diagnosa Penyakit Jantung. *JSI: Jurnal Sistem Informasi (E-Journal)*, 12(2), 1880–1893. <https://doi.org/10.18495/jsi.v12i2.23>
- Bahar, Z., Hidayat, N., & Saputro. (2018). Identifikasi Penyakit Pada Kambing Menggunakan Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor (F-KNN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(10), 4312–4317. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Gustiani, W. (2020). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Hewan Ternak Menggunakan Metode Forward Chaining Di Dinas Pertanian (Bidang Peternakan Dan Kesehatan Hewan) Kabupaten Kuantan Singgingi. *Jurnal Perencanaan, Sains Dan ...*, 3(2), 786–797. <http://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JUPERSATEK/article/view/1125>
- Kardila, C., Muttaqin, M. R., & Resmi, M. G. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Domba Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *INTI Nusa Mandiri*, 18(1), 45–51. <https://doi.org/10.33480/inti.v18i1.4314>
- Mahessya, R. A., Trisna, N., & Elva, Y. (2022). Identifikasi Penyakit Pada Kambing Kurban dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 8(2), 62–69. <https://doi.org/10.22216/jsi.v8i2.1745>
- Rialdi, B. R., Hidayat, N., & Suprapto. (2018). Identifikasi Penyakit Pada Kambing Menggunakan Metode Fuzzy K- Nearest Neighbor (F-KNN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(10), 4312–4317.
- Rizki Setyawan, M. (2023). Sistem Pakar Deteksi Penyakit Kambing Menggunakan Certainty Factor Berbasis Android. *Jurnal Mahajana Informatika*, 8(1), 36–43. <https://doi.org/10.51544/jurnalmi.v8i1.4008>
- Soebroto, A. A., Furqon, M. T., Marhendraputro, E. A. S., & Ziaulhaq, W. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penyakit Stroke menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto dengan Basis Pengetahuan Framingham Risk Score. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 8(2), 214. <https://doi.org/10.26418/jp.v8i2.56362>
- Wijaya, A. E. (2013). Sistem Pakar Berbasis Web Untuk Mendiagnosa Penyakit Pada Hewan Kurban Menggunakan Backward Chaining. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komunikasi*, 3(1)(April), 1–14.