



Analisis Perbandingan Certainty Factor dan Teorema Bayes pada Diagnosis Penyakit Burung Puyuh Berbasis Web

Muhammad Rafsanjani, Shelvi Eka Tassia, Maulana Muhamad Sulaiman, Maulana Fansyuri
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
rafsanzn@gmail.com, dosen01768@unpam.ac.id, dosen02363@unpam.ac.id, dosen02359@unpam.ac.id

Abstrak

Penyakit pada burung puyuh dapat menurunkan produktivitas ternak dan menimbulkan kerugian ekonomi apabila tidak segera dikenali dan ditangani secara tepat. Keterbatasan akses peternak terhadap tenaga ahli mendorong perlunya sistem pakar yang dapat membantu proses diagnosis awal berdasarkan gejala yang terlihat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pakar berbasis web serta membandingkan hasil diagnosis yang diperoleh menggunakan metode Certainty Factor dan Teorema Bayes. Basis pengetahuan dikembangkan melalui studi pustaka dan wawancara dengan pakar, kemudian direpresentasikan dalam bentuk data penyakit, gejala, aturan diagnosis, dan bobot keyakinan. Sistem memungkinkan pengguna memilih gejala yang ditemukan pada burung puyuh, kemudian menghitung tingkat keyakinan setiap kemungkinan penyakit menggunakan kedua metode. Penyakit yang menjadi fokus diagnosis terdiri atas tetelo, snot, dan berak kapur atau pullorum. Pengujian dilakukan menggunakan 100 data kasus penyakit burung puyuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Certainty Factor dan Teorema Bayes menghasilkan diagnosis yang sama pada 46 kasus dan diagnosis yang berbeda pada 54 kasus. Dengan demikian, tingkat kesesuaian hasil kedua metode mencapai 46%, sedangkan tingkat ketidaksesuaiannya sebesar 54%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perbedaan mekanisme penalaran dan perhitungan bobot gejala memberikan pengaruh terhadap keputusan diagnosis. Sistem yang dikembangkan dapat membantu peternak memperoleh informasi awal mengenai kemungkinan penyakit dan saran penanganannya. Namun, pengujian lanjutan menggunakan diagnosis yang telah dikonfirmasi oleh pakar diperlukan untuk menentukan tingkat akurasi setiap metode.

Kata kunci: Certainty Factor, Teorema Bayes, Diagnosis Penyakit, Burung Puyuh, Sistem Pakar

Abstract

Diseases in quails can reduce livestock productivity and cause economic losses if not promptly recognized and properly addressed. Farmers' limited access to experts encourages the need for an expert system that can assist the initial diagnosis process based on observed symptoms. This research aims to develop a web-based expert system and compare the diagnostic results obtained using the Certainty Factor method and Bayes' Theorem. The knowledge base was developed through literature studies and interviews with experts, then represented in the form of disease data, symptoms, diagnostic rules, and belief weights. The system allows users to select symptoms found in quails, then calculates the confidence level of each possible disease using both methods. The targeted diseases for diagnosis consist of Newcastle disease, infectious coryza or snot, and pullorum or white diarrhea. Testing was conducted using 100 quail disease case data. The test results show that the Certainty Factor method and Bayes' Theorem yielded identical diagnoses in 46 cases and different diagnoses in 54 cases. Thus, the conformity level of both methods reached 46%, while the discrepancy level was 54%. These results indicate that differences in reasoning mechanisms and symptom weight calculations influence diagnostic decisions. The developed system can help farmers obtain initial information regarding potential diseases and handling recommendations. However, further testing using diagnoses confirmed by experts is required to determine the accuracy level of each method.

Keywords: Certainty Factor, Bayes' Theorem, Disease Diagnosis, Quail, Expert System

1. Pendahuluan

Budidaya burung puyuh memiliki potensi ekonomi karena dapat menghasilkan telur dalam waktu relatif singkat dan tidak membutuhkan lahan seluas peternakan unggas berukuran besar. Burung puyuh mulai menghasilkan telur pada usia sekitar 36 hari sehingga kesehatan ternak menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga keberlanjutan produksi (Hidayat, 2023). Serangan penyakit dapat menyebabkan penurunan nafsu makan, gangguan pertumbuhan, berkurangnya produksi telur, penularan antarternak, hingga kematian. Kondisi tersebut menuntut peternak untuk mengenali penyakit dan menentukan tindakan awal secara cepat. Namun, tidak semua peternakan memiliki tenaga kesehatan hewan yang dapat memberikan diagnosis setiap saat. Keterlambatan memperoleh

bantuan pakar membuat peternak kerap mengandalkan pengalaman dan pengamatan pribadi yang berpotensi menghasilkan kesalahan diagnosis maupun penanganan.

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada Puyuh Farm yang berlokasi di Setu Babakan, Pamulang, Tangerang Selatan. Proses pengenalan penyakit masih dilakukan secara manual berdasarkan gejala yang diamati oleh peternak. Keterbatasan pengetahuan mengenai hubungan antara gejala dan penyakit menyebabkan proses identifikasi belum dilakukan secara sistematis. Selain itu, informasi mengenai tindakan awal untuk menangani burung yang menunjukkan gejala penyakit masih terbatas. Kesalahan dalam menentukan penyakit dapat menyebabkan tindakan penanganan yang tidak sesuai serta meningkatkan risiko penularan pada kelompok ternak lainnya. Oleh karena itu, dibutuhkan perangkat pendukung diagnosis yang dapat menyimpan pengetahuan pakar dan mengolah gejala secara terstruktur tanpa dimaksudkan untuk menggantikan pemeriksaan dokter hewan.

Sistem pakar telah digunakan untuk membantu proses identifikasi penyakit berdasarkan basis pengetahuan yang diperoleh dari tenaga ahli. Pengetahuan tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk hubungan antara penyakit, gejala, aturan, dan nilai keyakinan. Sistem kemudian menggunakan mekanisme inferensi untuk menentukan kemungkinan penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Pendekatan ini memungkinkan pengetahuan pakar digunakan secara lebih luas dan konsisten, terutama ketika konsultasi langsung tidak dapat segera dilakukan. Meskipun demikian, keputusan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kelengkapan basis pengetahuan, ketepatan aturan, penentuan bobot gejala, dan metode penalaran yang digunakan (Putra et al., 2025).

Salah satu metode yang banyak diterapkan dalam sistem pakar adalah *Certainty Factor* (CF). Metode tersebut merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara suatu gejala dan penyakit. Nilai keyakinan dari beberapa gejala dikombinasikan untuk menghasilkan tingkat kepastian diagnosis. Wahyuni et al. (2022) menerapkan *Certainty Factor* untuk mendiagnosis penyakit ayam kampung, seperti tetelo, cacingan, berak darah, dan penyakit mata. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa CF dapat digunakan untuk menyajikan derajat keyakinan terhadap penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Akan tetapi, hasil perhitungannya sangat bergantung pada nilai keyakinan yang diberikan oleh pakar dan respons pengguna terhadap setiap gejala.

Metode lain yang dapat digunakan untuk menangani ketidakpastian diagnosis adalah Teorema Bayes. Metode ini menentukan probabilitas suatu penyakit berdasarkan peluang awal dan bukti berupa gejala yang ditemukan. Subana et al. (2021) mengimplementasikan Teorema Bayes pada sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosis penyakit ayam broiler. Sistem tersebut menghasilkan kemungkinan penyakit berdasarkan nilai probabilitas setiap gejala sehingga dapat membantu peternak memperoleh informasi diagnosis dan penanganan. Penerapan Teorema Bayes juga dilakukan oleh Wenda et al. (2023) untuk diagnosis penyakit paru-paru serta Rizky et al. (2021) untuk diagnosis penyakit gigi. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Teorema Bayes dapat diterapkan pada berbagai kasus diagnosis, tetapi akurasi keputusan tetap dipengaruhi oleh kualitas probabilitas awal dan kesesuaian data gejala.

Sejumlah penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada penerapan satu metode untuk satu objek diagnosis. Penelitian Wahyuni et al. (2022) menggunakan *Certainty Factor* pada penyakit ayam kampung, sedangkan penelitian Subana et al. (2021) menggunakan Teorema Bayes pada penyakit ayam broiler. Penelitian Wenda et al. (2023) menerapkan Teorema Bayes pada bidang kesehatan manusia. Sementara itu, Mustaqim et al. (2024) membandingkan Dempster-Shafer dan Teorema Bayes untuk mendeteksi penyakit ensefalitis. Penelitian komparatif tersebut menunjukkan bahwa perbedaan cara metode mengolah ketidakpastian dapat memengaruhi hasil diagnosis. Perbandingan beberapa metode sistem pakar juga telah dilakukan oleh Prastomo et al. (2026), tetapi penelitian tersebut diterapkan pada diagnosis kerusakan perangkat, bukan kesehatan ternak.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat kesenjangan berupa terbatasnya penelitian yang membandingkan *Certainty Factor* dan Teorema Bayes secara langsung untuk diagnosis penyakit burung puyuh. Penerapan metode pada ayam broiler atau ayam kampung tidak dapat langsung digunakan sebagai dasar diagnosis burung puyuh karena terdapat perbedaan objek, karakteristik penyakit, gejala, serta basis pengetahuannya. Penelitian sebelumnya juga cenderung menilai keberhasilan berdasarkan kemampuan sistem menghasilkan diagnosis, tanpa menganalisis tingkat kesesuaian keputusan ketika dua metode diterapkan pada kumpulan gejala yang sama. Akibatnya, belum diperoleh gambaran yang memadai mengenai seberapa konsisten hasil diagnosis CF dan Teorema Bayes ketika menggunakan sumber pengetahuan dan data masukan yang identik.

State of the art penelitian ini terletak pada penerapan dua mekanisme pengelolaan ketidakpastian dalam satu sistem pakar berbasis web. *Certainty Factor* mengolah tingkat keyakinan yang diberikan pakar dan pengguna, sedangkan Teorema Bayes menggunakan pendekatan probabilistik untuk memperbarui peluang penyakit berdasarkan gejala. Kedua metode diterapkan pada basis pengetahuan, objek, dan masukan gejala yang sama agar perbedaan hasil diagnosis dapat diamati secara langsung. Basis pengetahuan diperoleh melalui wawancara dengan dokter hewan dan difokuskan pada tiga penyakit yang ditemukan dalam lingkup penelitian, yaitu tetelo, snot, dan berak kapur atau pullorum. Sistem tidak hanya menyajikan kemungkinan penyakit dan nilai keyakinannya, tetapi juga menyediakan informasi gejala serta rekomendasi penanganan awal bagi peternak.

Kebaruan penelitian ini adalah analisis perbandingan tingkat kesesuaian hasil diagnosis antara *Certainty Factor* dan Teorema Bayes pada 100 data kasus penyakit burung puyuh dalam satu platform berbasis web. Perbandingan tidak hanya diarahkan pada nilai keyakinan yang dihasilkan, tetapi juga pada kesamaan dan perbedaan kelas penyakit yang diprediksi oleh kedua metode. Rancangan tersebut memberikan informasi mengenai pengaruh mekanisme perhitungan terhadap keputusan diagnosis serta menunjukkan kondisi ketika kedua metode memberikan hasil yang konsisten maupun berbeda. Analisis ini penting karena nilai keyakinan yang tinggi tidak selalu menunjukkan diagnosis yang benar apabila belum dibandingkan dengan diagnosis rujukan dari pakar.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem pakar berbasis web untuk membantu diagnosis awal penyakit burung puyuh serta membandingkan hasil diagnosis yang dihasilkan oleh *Certainty Factor* dan Teorema Bayes. Penelitian secara khusus menjawab dua pertanyaan, yaitu bagaimana kedua metode dapat diterapkan menggunakan basis pengetahuan dan masukan gejala yang sama serta bagaimana tingkat kesesuaian hasil diagnosis yang dihasilkan keduanya. Sistem yang dikembangkan diharapkan membantu peternak mengenali kemungkinan penyakit dan memperoleh rekomendasi penanganan awal secara lebih cepat. Hasil diagnosis sistem tetap diposisikan sebagai informasi pendukung dan tidak menggantikan pemeriksaan langsung oleh dokter hewan.

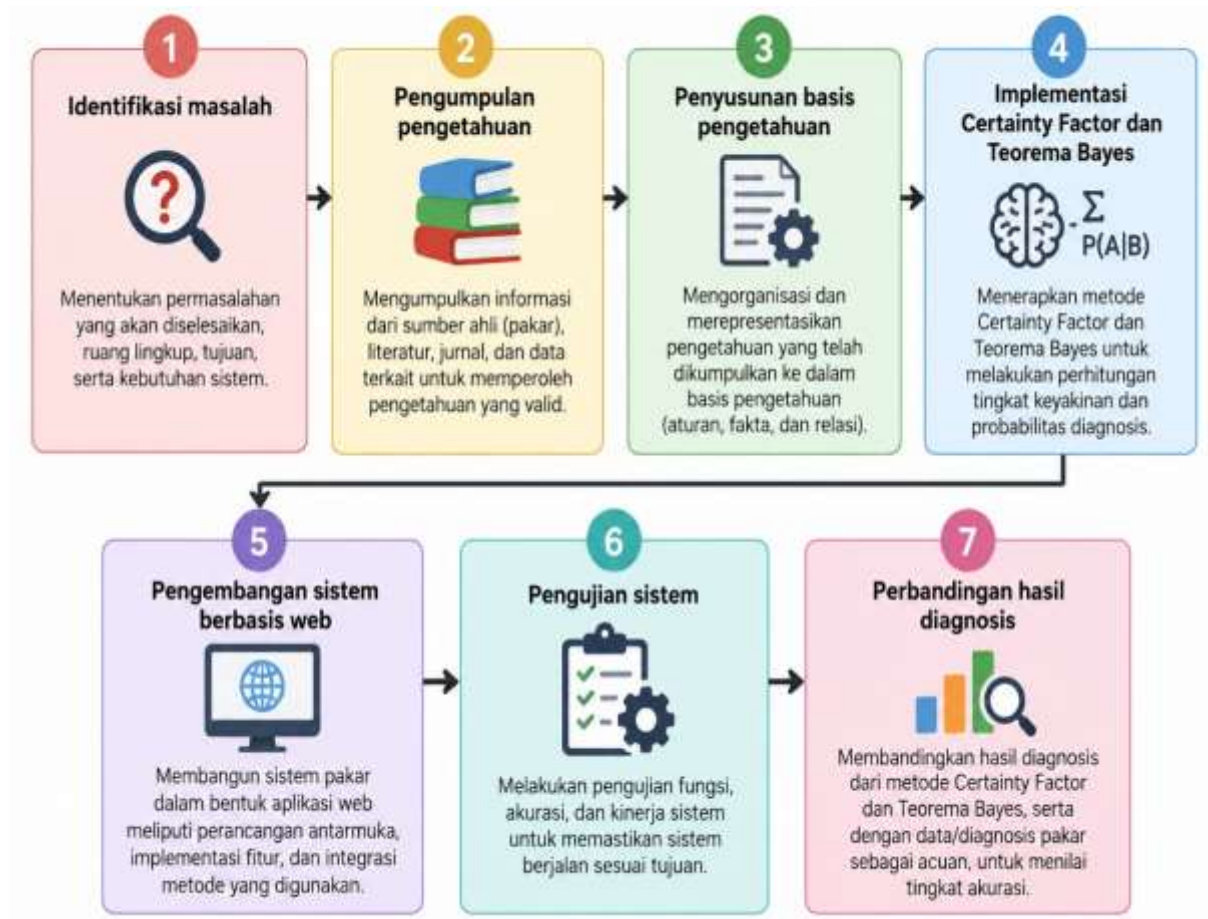
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan dengan metode komparatif. Penelitian terapan digunakan untuk menghasilkan sistem pakar diagnosis awal penyakit burung puyuh berbasis web, sedangkan metode komparatif digunakan untuk membandingkan keputusan diagnosis yang dihasilkan oleh *Certainty Factor* dan Teorema Bayes. Kedua metode dijalankan menggunakan basis pengetahuan dan masukan gejala yang sama sehingga perbedaan hasilnya berasal dari mekanisme perhitungan setiap metode. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan pengetahuan, penyusunan basis pengetahuan, implementasi metode, pengembangan sistem berbasis web, serta pengujian hasil diagnosis.

2.1. Lokasi dan tahapan penelitian

Pengumpulan data dilakukan pada Puyuh Farm yang berlokasi di Setu Babakan, Pamulang, Tangerang Selatan. Pengetahuan mengenai penyakit, gejala, tingkat keyakinan, dan penanganan awal diperoleh melalui observasi peternakan, wawancara dengan dokter hewan, dan studi pustaka. Dua dokter hewan dilibatkan sebagai sumber dan validator pengetahuan, yaitu drh. Kusuma Catur Wahyudi dan drh. Reh Malem Br Tarigan. Pengetahuan yang diperoleh kemudian disusun menjadi hubungan antara penyakit, gejala, aturan diagnosis, dan bobot keyakinan.

Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan diagnosis di peternakan. Tahap berikutnya adalah mengumpulkan pengetahuan dari pakar, menyusun basis pengetahuan, menerapkan metode *Certainty Factor* dan Teorema Bayes, membangun sistem berbasis web, serta melakukan pengujian fungsional dan perbandingan hasil diagnosis.



Gambar 1. Tahapan penelitian sistem pakar diagnosis penyakit burung puyuh

2.2. Penyusunan basis pengetahuan

Ruang lingkup diagnosis dibatasi pada tiga penyakit burung puyuh yang ditemukan dalam objek penelitian, yaitu snot, dobolan atau berak kapur (*pullorum*), dan tetelo atau *Newcastle disease*. Ketiga penyakit tersebut direpresentasikan menggunakan sepuluh gejala sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Kode	Gejala
KG01	Mata berair
KG02	Pembengkakan pada area mata
KG03	Tidak nafsu makan
KG04	Lemas
KG05	Kotoran berwarna
KG06	Pendarahan pada kloaka
KG07	Leher terpelintir
KG08	Napas berat
KG09	Bulu terlihat kusam
KG10	Pembengkakan pada area kloaka

Pengguna memberikan tingkat keyakinan terhadap setiap gejala melalui sembilan pilihan linguistik. Setiap pilihan dikonversi menjadi nilai numerik dalam rentang -1 sampai 1. Nilai positif menunjukkan keyakinan bahwa gejala ditemukan, nilai negatif menunjukkan keyakinan bahwa gejala tidak ditemukan, sedangkan nilai mendekati nol menunjukkan ketidakpastian. Konversi jawaban pengguna disajikan pada Tabel 2.

Kode	Tingkat keyakinan	Bobot
KP01	Pasti	1,0
KP02	Hampir pasti	0,8
KP03	Kemungkinan besar	0,6
KP04	Mungkin	0,4
KP05	Tidak tahu	0,0
KP06	Mungkin tidak	-0,4
KP07	Kemungkinan besar tidak	-0,6
KP08	Hampir pasti tidak	-0,8
KP09	Pasti tidak	-1,0

Setiap pasangan penyakit dan gejala memiliki bobot pakar. Bobot tersebut menunjukkan kekuatan hubungan suatu gejala dengan penyakit tertentu. Seluruh aturan disimpan dalam basis data dengan bentuk umum: jika ditemukan gejala $E_1, E_2, \dots, E_n$, maka terdapat kemungkinan penyakit H_j dengan tingkat keyakinan tertentu. Basis pengetahuan terdiri atas tiga penyakit, sepuluh gejala, dan tiga puluh hubungan penyakit-gejala.

2.3. Perhitungan Certainty Factor

Perhitungan *Certainty Factor* dilakukan untuk setiap penyakit secara terpisah. Nilai CF awal diperoleh dengan mengalikan bobot keyakinan yang diberikan pakar dengan bobot jawaban pengguna, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$CF(H, E_i) = CF_{\text{pakar}}(H, E_i) \times CF_{\text{pengguna}}(E_i) \quad (1)$$

Pada Persamaan (1), $CF(H, E_i)$ merupakan nilai keyakinan terhadap hipotesis penyakit H berdasarkan gejala ke- i , $CF_{\text{pakar}}(H, E_i)$ merupakan bobot hubungan gejala dan penyakit yang ditentukan pakar, sedangkan $CF_{\text{pengguna}}(E_i)$ merupakan tingkat keyakinan pengguna terhadap gejala yang diamati.

Apabila terdapat lebih dari satu gejala dengan nilai CF positif, nilainya digabungkan secara berurutan menggunakan Persamaan (2).

$$CF_{\text{gabungan}} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1) \quad (2)$$

Pada Persamaan (2), CF_1 merupakan nilai keyakinan hasil penggabungan sebelumnya dan CF_2 merupakan nilai keyakinan dari gejala berikutnya. Apabila kedua nilai CF bersifat negatif, penggabungan dilakukan menggunakan Persamaan (3).

$$CF_{\text{gabungan}} = CF_1 + CF_2(1 + CF_1) \quad (3)$$

Jika salah satu nilai CF positif dan nilai lainnya negatif, penggabungan dilakukan menggunakan Persamaan (4).

$$CF_{\text{gabungan}} = \frac{CF_1 + CF_2}{1 - \min(|CF_1|, |CF_2|)} \quad (4)$$

Proses tersebut diulangi hingga seluruh gejala selesai dihitung. Penyakit dengan nilai CF gabungan tertinggi ditetapkan sebagai hasil diagnosis metode *Certainty Factor*. Nilai akhir dikonversi ke dalam persentase menggunakan Persamaan (5).

$$CF_{\text{persentase}} = CF_{\text{gabungan}} \times 100\% \quad (5)$$

2.4. Perhitungan Teorema Bayes

Teorema Bayes menghitung probabilitas setiap penyakit berdasarkan prior dan gejala yang dimasukkan pengguna. Probabilitas awal penyakit dihitung dari proporsi data diagnosis penyakit terhadap seluruh data diagnosis yang tersimpan dalam basis data, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (6).

$$P(H_j) = \frac{N(H_j)}{N} \quad (6)$$

Pada Persamaan (6), $P(H_j)$ merupakan probabilitas awal penyakit ke- j , $N(H_j)$ merupakan jumlah data diagnosis untuk penyakit ke- j , dan N merupakan jumlah seluruh data diagnosis.

Nilai *likelihood* menunjukkan peluang kemunculan gejala tertentu pada suatu penyakit. Nilai tersebut dihitung menggunakan Persamaan (7).

$$P(E_i | H_j) = \frac{N(E_i, H_j)}{N(H_j)} \quad (7)$$

Pada Persamaan (7), $P(E_i | H_j)$ merupakan peluang gejala ke- i ditemukan pada penyakit ke- j , sedangkan $N(E_i, H_j)$ merupakan jumlah data penyakit ke- j yang memiliki gejala ke- i .

Probabilitas posterior untuk setiap penyakit dihitung berdasarkan gejala yang dipilih pengguna menggunakan Persamaan (8).

$$P(H_j | E) = \frac{P(H_j) \prod_{i=1}^n P(E_i | H_j)}{\sum_{k=1}^m P(H_k) \prod_{i=1}^n P(E_i | H_k)} \quad (8)$$

Pada Persamaan (8), $P(H_j | E)$ merupakan probabilitas posterior penyakit ke- j berdasarkan kumpulan gejala E , $P(H_j)$ merupakan probabilitas awal penyakit, $P(E_i | H_j)$ merupakan peluang gejala ke- i pada penyakit ke- j , n merupakan jumlah gejala, dan m merupakan jumlah penyakit yang dibandingkan.

Perhitungan dilakukan dalam bentuk logaritmik untuk mengurangi risiko *underflow* akibat perkalian beberapa probabilitas berukuran kecil. Nilai sebesar 10^{-10} digunakan sebagai *smoothing* ketika probabilitas suatu gejala bernilai nol. Setelah dinormalisasi, penyakit dengan probabilitas posterior tertinggi dipilih sebagai hasil diagnosis Teorema Bayes.

2.5. Pengembangan sistem berbasis web

Sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web menggunakan PHP sebagai bahasa pemrograman dan MySQL sebagai pengelola basis data. Lingkungan pengembangan lokal dijalankan menggunakan XAMPP. Basis data diberi nama `cf_bayes` dan terdiri atas tujuh tabel utama, yaitu `user`, `term`, `rule`, `penyakit`, `gejala`, `diagnosis`, dan `diagnosis_detail`.

Pengguna melakukan diagnosis dengan memberikan jawaban terhadap sepuluh gejala. Sistem mengonversi setiap jawaban menjadi bobot numerik, mengambil aturan penyakit-gejala dari basis data, kemudian menjalankan perhitungan CF dan Bayes secara terpisah. Keluaran sistem terdiri atas nama penyakit hasil diagnosis, persentase keyakinan dari setiap metode, informasi penyakit, dan rekomendasi penanganan awal. Riwayat diagnosis disimpan agar dapat digunakan untuk pengelolaan data dan perhitungan probabilitas Bayes.

2.6. Skenario pengujian

Pengujian sistem dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah pengujian *black box* terhadap fungsi login, pengelolaan data penyakit, pengelolaan gejala, pengelolaan aturan, proses diagnosis, penyimpanan hasil, dan logout. Suatu fungsi dinyatakan berhasil apabila keluaran aktual sesuai dengan keluaran yang diharapkan.

Tahap kedua adalah pengujian jalur logika atau *white box* pada proses perhitungan CF dan Bayes. Pengujian meliputi pengambilan bobot pengguna, pengambilan bobot pakar, perhitungan CF setiap gejala, penggabungan CF, perhitungan prior, perhitungan *likelihood*, normalisasi posterior, dan pemilihan penyakit dengan nilai tertinggi.

Tahap ketiga adalah pengujian komparatif menggunakan 100 kombinasi jawaban terhadap sepuluh gejala. Setiap kombinasi dimasukkan ke dalam kedua metode sehingga menghasilkan sepasang keputusan diagnosis. Hasil kedua metode dikategorikan “sesuai” apabila CF dan Bayes menghasilkan kelas penyakit yang sama serta “tidak sesuai” apabila keduanya menghasilkan kelas penyakit yang berbeda. Tingkat kesesuaian dihitung menggunakan Persamaan (9).

$$K = \frac{N_s}{N} \times 100\% \quad (9)$$

Pada Persamaan (9), K merupakan persentase kesesuaian, N_s merupakan jumlah pasangan diagnosis yang sama, dan N merupakan jumlah seluruh data pengujian. Persentase ketidaksesuaian dihitung menggunakan Persamaan (10).

$$TK = \frac{N_{ts}}{N} \times 100\% \quad (10)$$

Pada Persamaan (10), TK merupakan persentase ketidaksesuaian dan N_{ts} merupakan jumlah pasangan diagnosis yang berbeda. Pengujian ini mengukur konsistensi keputusan antara kedua metode, bukan akurasi klinis. Akurasi setiap metode hanya dapat dihitung apabila setiap data pengujian memiliki diagnosis rujukan yang telah dikonfirmasi oleh dokter hewan.

3. Hasil dan Pembahasan

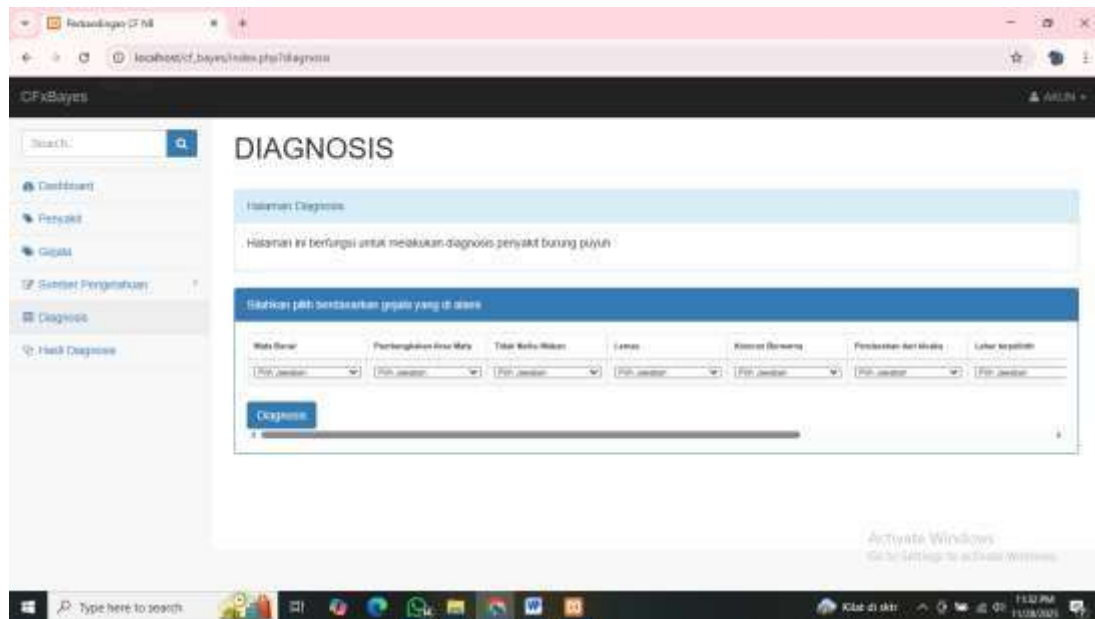
3.1. Implementasi sistem

Penelitian ini menghasilkan aplikasi sistem pakar berbasis web untuk membantu diagnosis awal penyakit burung puyuh menggunakan metode *Certainty Factor* dan Teorema Bayes. Sistem dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL serta dijalankan pada server lokal XAMPP. Aplikasi dapat mengelola tiga penyakit, sepuluh gejala, bobot tingkat keyakinan, aturan diagnosis, data pengguna, serta riwayat hasil diagnosis. Spesifikasi perangkat yang digunakan selama implementasi disajikan pada Tabel 3.

Komponen	Spesifikasi
Perangkat	Laptop Lenovo
Prosesor	Intel Celeron N3060 1,60 GHz
Memori	RAM 8 GB
Penyimpanan	HDD 500 GB
Sistem operasi	Windows 10 Pro 64-bit
Server lokal	XAMPP 3.3.0
Peramban	Google Chrome
Editor	Visual Studio Code 1.104
Basis data	MySQL

Spesifikasi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa aplikasi dapat dikembangkan dan dijalankan menggunakan perangkat dengan kemampuan komputasi terbatas. Proses diagnosis berbasis aturan tidak memerlukan perangkat pemrosesan grafis atau sumber daya komputasi berkapasitas tinggi karena perhitungannya hanya melibatkan pengambilan data, operasi aritmetika, dan pemilihan nilai terbesar. Kondisi tersebut mendukung penerapan sistem pada lingkungan peternakan skala kecil yang umumnya tidak memiliki perangkat komputasi khusus.

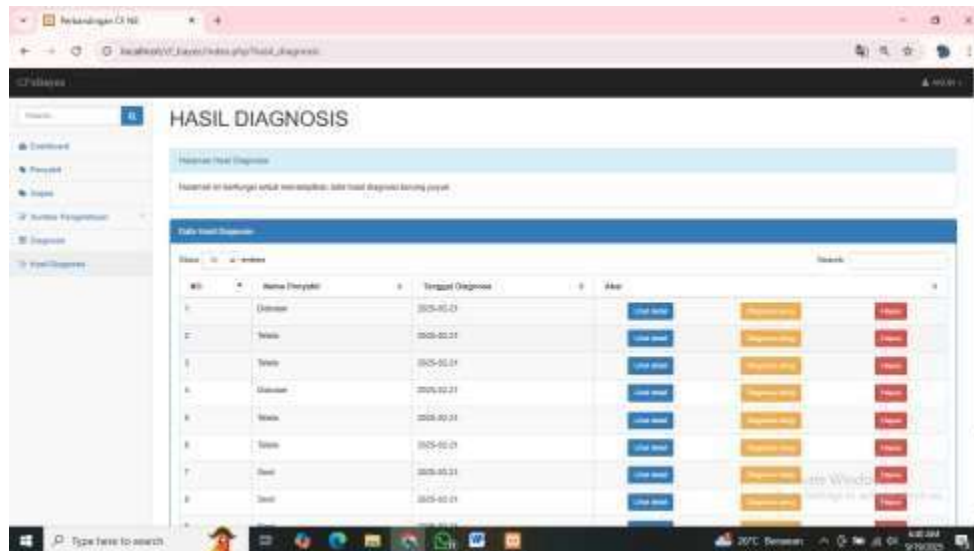
Antarmuka diagnosis menampilkan sepuluh gejala yang harus dinilai oleh pengguna berdasarkan kondisi burung puyuh. Setiap gejala memiliki sembilan pilihan tingkat keyakinan, mulai dari “pasti” sampai “pasti tidak”. Setelah seluruh jawaban diberikan, sistem menjalankan perhitungan *Certainty Factor* dan Teorema Bayes secara terpisah. Tampilan halaman diagnosis perlu dicantumkan sebagai Gambar 2 karena menjadi bagian utama yang memperlihatkan interaksi antara pengguna dan sistem.



Gambar 2

Gambar 2 memperlihatkan bahwa pengguna tidak harus memasukkan nilai numerik secara langsung. Pengguna hanya memilih istilah linguistik yang sesuai dengan kondisi ternak, kemudian sistem mengonversinya menjadi bobot numerik. Pendekatan tersebut mempermudah penggunaan aplikasi oleh peternak yang tidak memahami proses perhitungan kedua metode. Sistem selanjutnya menampilkan nama penyakit dengan nilai tertinggi, persentase keyakinan, dan informasi penanganan awal.

Hasil diagnosis disimpan dalam basis data agar pengguna dapat melihat detail pemeriksaan, menghapus data yang tidak diperlukan, atau melakukan diagnosis ulang. Penyimpanan riwayat juga digunakan dalam perhitungan probabilitas awal dan *likelihood* pada metode Bayes. Tampilan hasil diagnosis perlu disajikan sebagai Gambar 3 untuk menunjukkan bentuk keluaran sistem tanpa mengulang seluruh tampilan antarmuka yang terdapat dalam skripsi.



Gambar 3

Gambar 3 menunjukkan bahwa sistem menyajikan dua hasil perhitungan kepada pengguna. Penyajian tersebut memungkinkan pengguna mengetahui apakah kedua metode memberikan keputusan penyakit yang sama atau berbeda. Meskipun sistem menampilkan persentase, nilai dari CF dan Bayes tidak dapat dibandingkan secara langsung sebagai ukuran yang identik. Persentase CF merepresentasikan tingkat keyakinan berdasarkan kombinasi bobot pakar dan pengguna, sedangkan persentase Bayes merepresentasikan probabilitas posterior yang telah dinormalisasi.

3.2. Hasil pengujian fungsional

Pengujian *black box* dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi aplikasi memberikan keluaran sesuai dengan spesifikasi. Pengujian meliputi proses autentikasi, pengelolaan penyakit, pengelolaan gejala, pengelolaan basis pengetahuan, pengisian diagnosis, penyimpanan hasil, diagnosis ulang, penghapusan riwayat, dan proses keluar dari sistem. Ringkasan pengujian fungsional ditampilkan pada Tabel 4.

Modul pengujian	Jumlah skenario	Hasil valid	Status
Login	2	2	Valid
Data penyakit	3	3	Valid
Data gejala	4	4	Valid
Sumber pengetahuan	3	3	Valid
Proses diagnosis	14	14	Valid
Riwayat hasil diagnosis	4	4	Valid
Logout	1	1	Valid
Total	31	31	Valid

Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh 31 skenario pengujian menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan. Sistem dapat membedakan data login yang benar dan salah, mengelola data penyakit dan gejala, menampilkan basis pengetahuan, menerima jawaban untuk sepuluh gejala, menjalankan proses diagnosis, serta menyimpan hasil pemeriksaan. Dengan demikian, tingkat keberhasilan fungsional berdasarkan skenario yang diuji mencapai 100%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional dasar sebagai aplikasi diagnosis berbasis web. Meskipun demikian, keberhasilan pengujian *black box* hanya menunjukkan bahwa fitur aplikasi dapat dijalankan sesuai rancangan. Hasil ini tidak membuktikan bahwa keputusan diagnosis yang dihasilkan telah memiliki akurasi klinis tinggi. Ketepatan diagnosis tetap bergantung pada validitas basis pengetahuan, bobot gejala, algoritma perhitungan, serta ketersediaan data pembandingan dari dokter hewan.

Pengujian *white box* dilakukan pada jalur perhitungan kedua metode. Pemeriksaan pada CF mencakup pengambilan bobot jawaban pengguna, perkalian bobot pengguna dengan bobot pakar, penggabungan nilai CF setiap gejala, dan pemilihan penyakit dengan nilai tertinggi. Pemeriksaan pada Teorema Bayes mencakup pengambilan probabilitas awal, perhitungan *likelihood*, perhitungan posterior, normalisasi probabilitas, serta pemilihan kelas penyakit dengan posterior tertinggi. Seluruh proses dapat dijalankan oleh sistem dan menghasilkan keluaran diagnosis.

Pengujian jalur program mengonfirmasi bahwa kedua metode telah terhubung dengan basis data dan antarmuka diagnosis. Akan tetapi, ditemukannya nilai CF di luar rentang -100% sampai 100% memperlihatkan bahwa keberhasilan eksekusi program tidak selalu menunjukkan kebenaran matematis. Pengujian perangkat lunak dengan demikian perlu dilengkapi dengan pemeriksaan rentang nilai dan validasi hasil perhitungan manual. Temuan tersebut dibahas lebih lanjut pada bagian perbandingan hasil diagnosis.

3.3. Hasil perbandingan diagnosis

Perbandingan dilakukan menggunakan 100 kombinasi jawaban terhadap sepuluh gejala. Setiap kombinasi diproses menggunakan basis pengetahuan yang sama sehingga diperoleh satu diagnosis dari CF dan satu diagnosis dari Teorema Bayes. Hasil dinyatakan sesuai apabila kedua metode memilih penyakit yang sama dan dinyatakan tidak sesuai apabila penyakit yang dipilih berbeda. Ringkasan perbandingan ditampilkan pada Tabel 5.

Hasil perbandingan	Jumlah kasus	Persentase
Diagnosis sama	46	46%
Diagnosis berbeda	54	54%
Total	100	100%

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, kedua metode menghasilkan diagnosis yang sama pada 46 kasus dan diagnosis berbeda pada 54 kasus. Dengan demikian, tingkat kesesuaian antar-metode mencapai 46%, sedangkan tingkat ketidaksesuaiannya mencapai 54%. Selisih delapan poin persentase memperlihatkan bahwa keputusan diagnosis lebih sering berbeda daripada sama. Hasil tersebut menjawab pertanyaan penelitian bahwa penerapan basis pengetahuan dan gejala yang sama belum menjamin CF dan Bayes menghasilkan keputusan yang identik.

Ketidaksesuaian yang cukup besar dapat dijelaskan berdasarkan perbedaan mekanisme kedua metode. CF menghitung dukungan atau penolakan terhadap penyakit berdasarkan hasil perkalian bobot pakar dengan tingkat keyakinan pengguna. Setiap bukti kemudian digabungkan secara bertahap sehingga perubahan satu jawaban dapat memengaruhi nilai akhir. Sebaliknya, Teorema Bayes menggunakan probabilitas awal dan *likelihood* seluruh gejala untuk menghasilkan distribusi posterior yang dinormalisasi. Penyakit dengan probabilitas posterior tertinggi dipilih sebagai diagnosis, meskipun selisih probabilitasnya dengan penyakit lain sangat kecil.

Pada sejumlah kasus, Teorema Bayes menghasilkan nilai posterior yang sangat tinggi, seperti 99,87%, 99,91%, bahkan 100%. Nilai tersebut tidak secara otomatis membuktikan bahwa diagnosis Bayes lebih akurat. Posterior yang sangat tinggi dapat muncul ketika nilai *likelihood* suatu penyakit jauh lebih dominan dibandingkan penyakit lain atau ketika jumlah data yang digunakan untuk memperkirakan prior dan *likelihood* masih terbatas. Probabilitas yang tidak dikalibrasi dengan data kasus aktual berpotensi menghasilkan keyakinan berlebihan atau *overconfidence*. Oleh sebab itu, nilai posterior harus diinterpretasikan sebagai hasil model berdasarkan basis data yang tersedia, bukan sebagai kepastian klinis.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Subana et al. (2021) yang menunjukkan bahwa Teorema Bayes dapat digunakan untuk menghasilkan diagnosis penyakit unggas berdasarkan probabilitas gejala. Penelitian Wahyuni et al. (2022) juga menunjukkan bahwa CF dapat memberikan tingkat keyakinan diagnosis berdasarkan jawaban pengguna.

Akan tetapi, penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan kedua metode pada masukan yang sama dapat menghasilkan keputusan yang berbeda. Temuan tersebut memperkuat hasil Mustaqim et al. (2024) bahwa pemilihan metode pengelolaan ketidakpastian dapat memengaruhi keluaran sistem pakar.

Tingkat kesesuaian sebesar 46% tidak dapat disebut sebagai akurasi sistem karena nilai tersebut hanya membandingkan keputusan CF dengan keputusan Bayes. Akurasi mensyaratkan keberadaan diagnosis rujukan atau *ground truth* dari dokter hewan untuk setiap data pengujian. Jika CF menghasilkan penyakit yang sama dengan Bayes, belum tentu kedua diagnosis tersebut benar. Sebaliknya, apabila hasil kedua metode berbeda, salah satu di antaranya mungkin benar atau keduanya mungkin salah. Oleh karena itu, Tabel 5 harus diberi istilah “tingkat kesesuaian antar-metode”, bukan “akurasi terhadap pakar”, kecuali 100 kasus telah dilengkapi diagnosis rujukan dari dokter hewan.

3.4. Analisis nilai Certainty Factor

Pemeriksaan terhadap hasil eksperimen menemukan nilai CF negatif yang melebihi batas matematisnya, antara lain -116%, -211%, -383%, dan -444%. Secara teoritis, nilai CF harus berada pada rentang -1 sampai 1 atau -100% sampai 100%. Nilai positif menunjukkan dukungan terhadap suatu hipotesis, sedangkan nilai negatif menunjukkan penolakan. Nilai di luar rentang tersebut tidak dapat diinterpretasikan sebagai tingkat keyakinan yang valid.

Masalah tersebut muncul karena implementasi awal menggunakan persamaan $CF_1 + CF_2(1 - CF_1)$ untuk semua pasangan nilai, termasuk ketika salah satu atau kedua nilai bersifat negatif. Persamaan tersebut hanya sesuai ketika dua nilai yang digabungkan sama-sama positif. Penggabungan dua nilai negatif dan pasangan nilai dengan tanda berbeda harus menggunakan persamaan yang berbeda sebagaimana dijelaskan pada Bagian 2.3. Penggunaan satu persamaan pada seluruh kondisi menyebabkan nilai gabungan terus menurun melewati -1 ketika beberapa bukti negatif diproses secara berurutan.

Temuan ini harus disampaikan secara objektif karena memengaruhi validitas perbandingan. Diagnosis CF pada kasus dengan nilai di luar rentang belum dapat digunakan sebagai dasar untuk menyatakan bahwa Bayes lebih baik atau lebih akurat. Program perlu diperbaiki dengan menerapkan tiga kondisi kombinasi CF, kemudian seluruh 100 kombinasi jawaban dihitung ulang. Selain itu, jawaban “tidak tahu” sebaiknya diberi bobot 0,0 agar tidak dianggap sebagai bukti penolakan terhadap gejala.

Koreksi tersebut dapat mengubah nilai akhir, kelas penyakit yang dipilih CF, dan persentase kesesuaian pada Tabel 5. Oleh sebab itu, hasil 46% sebaiknya dinyatakan sebagai hasil implementasi awal. Setelah program dikoreksi, hasil pengujian ulang perlu dilaporkan sebagai hasil akhir penelitian. Pelaporan terbuka terhadap anomali ini meningkatkan keterlacakan penelitian dan memungkinkan peneliti lain mereproduksi perhitungan secara benar.

3.5. Evaluasi penggunaan sistem

Selain pengujian fungsional dan komparatif, aplikasi dievaluasi oleh pemilik Puyuh Farm sebagai pengguna sasaran. Evaluasi mencakup kemudahan penggunaan, kompatibilitas peramban, kelancaran aplikasi, kemudahan mengakses fitur, fungsi tombol, kejelasan pertanyaan gejala, kelengkapan hasil diagnosis, tampilan antarmuka, dan penilaian keseluruhan. Hasil evaluasi pengguna dirangkum dalam Tabel 6.

Skor jawaban	Jumlah jawaban	Skor tertimbang
1	0	0
2	0	0
3	3	9
4	1	4
5	5	25
Total	9	38

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh total skor 38 dari sembilan aspek penilaian. Nilai rata-ratanya sebesar 4,22 dari skala maksimum 5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemilik peternakan memberikan penilaian positif terhadap kemudahan penggunaan, fungsi aplikasi, penyajian diagnosis, dan tampilan sistem. Antarmuka berbasis pilihan linguistik juga dinilai membantu karena pengguna tidak perlu memahami proses perhitungan CF dan Bayes.

Evaluasi ini hanya melibatkan satu responden sehingga hasilnya bersifat deskriptif dan belum dapat digeneralisasikan kepada populasi peternak burung puyuh. Sembilan nilai pada Tabel 6 merupakan jawaban terhadap sembilan aspek dari satu pengguna, bukan sembilan responden yang berbeda. Oleh karena itu, nilai rata-rata 4,22 menunjukkan pengalaman pengguna pada objek penelitian, tetapi belum cukup untuk menyimpulkan tingkat penerimaan sistem secara luas. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan lebih banyak peternak serta menggunakan instrumen yang tervalidasi, seperti *System Usability Scale*, agar kualitas penggunaan dapat dianalisis secara lebih kuat.

3.6. Implikasi dan keterbatasan penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis web dapat membantu peternak menjalankan diagnosis awal secara terstruktur. Sistem menyediakan daftar gejala, mengolah tingkat keyakinan, menyajikan kemungkinan penyakit, dan memberikan informasi penanganan awal. Bagi Puyuh Farm, sistem dapat menjadi media pencatatan dan edukasi agar pemeriksaan awal tidak hanya bergantung pada ingatan atau intuisi peternak. Sistem tetap harus digunakan sebagai alat bantu dan tidak menggantikan diagnosis dokter hewan, khususnya ketika ditemukan gejala berat atau terjadi kematian ternak secara berulang.

Perbandingan CF dan Bayes menunjukkan bahwa perbedaan mekanisme perhitungan memberikan pengaruh nyata secara deskriptif terhadap keputusan diagnosis. Kedua metode hanya menghasilkan keputusan yang sama pada 46 dari 100 kombinasi jawaban. Temuan ini menegaskan pentingnya validasi metode sebelum sistem digunakan dalam pengambilan keputusan. Pengembang tidak cukup hanya memastikan bahwa program dapat menghasilkan persentase, tetapi juga harus memeriksa kebenaran formula, rentang nilai, kualitas probabilitas, dan kesesuaian diagnosis terhadap pakar.

Penelitian ini masih dibatasi pada tiga penyakit dan sepuluh gejala yang diperoleh dalam ruang lingkup Puyuh Farm. Pengujian menggunakan kombinasi jawaban belum sepenuhnya merepresentasikan distribusi kasus penyakit yang ditemukan dalam kondisi peternakan nyata. Selain itu, probabilitas Bayes dipengaruhi oleh data diagnosis yang tersimpan, sedangkan CF dipengaruhi oleh bobot keyakinan pakar dan pengguna. Perubahan jumlah data, bobot, atau aturan dapat menghasilkan keputusan yang berbeda.

Keterbatasan paling penting adalah belum tersedianya tabel diagnosis rujukan dokter hewan yang terhubung secara jelas dengan masing-masing dari 100 data pengujian. Akibatnya, penelitian baru dapat melaporkan tingkat kesesuaian antara CF dan Bayes, belum sensitivitas, spesifisitas, presisi, maupun akurasi masing-masing metode. Pengembangan berikutnya perlu menggunakan kasus aktual yang telah dikonfirmasi dokter hewan. Hasil kedua metode kemudian dapat dibandingkan dengan label rujukan menggunakan *confusion matrix* dan metrik klasifikasi sehingga metode yang lebih akurat dapat ditentukan secara objektif.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan sistem pakar berbasis web untuk membantu diagnosis awal tiga penyakit burung puyuh, yaitu snot, dobolan atau berak kapur, dan tetelo, berdasarkan sepuluh gejala. Sistem menerapkan metode *Certainty Factor* dan Teorema Bayes pada basis pengetahuan serta masukan gejala yang sama. Berdasarkan pengujian fungsional, seluruh 31 skenario pengujian memperoleh status valid sehingga fitur pengelolaan pengetahuan, pengisian gejala, perhitungan diagnosis, dan penyimpanan hasil dapat dijalankan sesuai rancangan. Evaluasi oleh pemilik Puyuh Farm menghasilkan nilai rata-rata 4,22 dari skala 5, yang menunjukkan bahwa aplikasi dinilai mudah digunakan dan mampu menyajikan informasi diagnosis serta penanganan awal dengan baik. Pengujian terhadap 100 kombinasi jawaban menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan diagnosis yang sama pada 46 kasus dan berbeda pada 54 kasus. Dengan demikian, tingkat kesesuaian antara *Certainty Factor* dan Teorema Bayes sebesar 46%, sedangkan tingkat ketidaksesuaiannya sebesar 54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan mekanisme pengolahan ketidakpastian berpengaruh terhadap keputusan diagnosis. Nilai tersebut merupakan tingkat kesesuaian antar-metode dan belum dapat dinyatakan sebagai akurasi klinis karena setiap kasus belum disertai diagnosis rujukan yang terkonfirmasi. Selain itu, ditemukannya nilai CF

di luar rentang -100% sampai 100% menunjukkan bahwa rumus kombinasinya perlu diperbaiki dan pengujian harus diulang. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kasus aktual yang telah divalidasi dokter hewan, memperluas jumlah penyakit dan gejala, serta mengevaluasi setiap metode menggunakan akurasi, presisi, *recall*, dan *confusion matrix*.

Reference

1. Adham, M. F. (2024). Analisis implementasi sistem informasi: Studi literatur. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi*, 264–275.
2. Efendi, E., Azhari, R., & Ningsih, I. W. (2023). Konsep sistem, jenis-jenis sistem, dan model sistem. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 5, 3816–3820.
3. Gantara, A. S. (2025). Tinjauan literatur: Metode-metode dalam sistem pakar dan aplikasinya di era digital. *Jurnal Informatika, Sistem Informasi, dan Elektro Modern*, 1(1), 1–7.
4. Hidayat, A. W. (2023). *Penerapan metode Naive Bayes Classifier pada sistem pakar diagnosis penyakit burung puyuh* [Skripsi sarjana, Universitas Semarang].
5. Mustaqim, M., & Ramadhan, G. (2024). Perbandingan metode Dempster-Shafer dan Teorema Bayes untuk mendeteksi penyakit ensefalitis. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 8, 546–554.
6. Prastomo, A., Syuhardi, Y. I., & Mardiyati, S. (2026). Perbandingan metode *forward chaining*, *Certainty Factor*, dan *fuzzy* pada sistem pakar. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 5(1), 1161–1167.
7. Pratama, I. A., Erianda, A., & Syawaldipa, A. (2026). Sistem pakar diagnosis kerusakan *smartphone* menggunakan metode *Certainty Factor*. *JITS: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 7(1), 81–87.
8. Presetya, F., & Edward. (2025). Diagnosis penyakit menggunakan *artificial intelligence*: Konsep, bukti ilmiah, dan implikasi klinis. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 6(1), 98–107. <https://doi.org/10.30872/jsk.v6i1.976>
9. Putra, D. H., & Rekan. (2025). Pemanfaatan sistem pakar: Literatur review. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 360–377.
10. Ridwan, A., & Zainal, R. F. (2023). Application of certainty factor method to web-based expert system for chicken disease diagnosis. *Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.54732/jeecs.v8i1.5>
11. Rizky, M. A., Siambaton, M. Z., & Sulaiman, O. K. (2021). E-diagnosis penyakit gigi menggunakan metode Teorema Bayes. *Jurnal Minfo Polgan*, 10(1), 19–32. <https://doi.org/10.33395/jmp.v10i1.10954>
12. Subana, A., & Fahriza, R. (2021). Sistem pakar mendiagnosis penyakit pada ayam broiler menggunakan metode Teorema Bayes berbasis web. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, 4(2), 138–142.
13. Wahyuni, S., & Maulina, P. (2022). Sistem pakar mendiagnosis penyakit ayam kampung menggunakan metode *Certainty Factor*. *SAINTEK: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), 60–65.
14. Wenda, A., Ambarita, K., & Solikhun. (2023). Sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit paru-paru menggunakan metode Teorema Bayes. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(1), 82–88.
15. Zainal, R. F., Ridwan, A., & Setiawan, E. (2023). Web-based expert system for chicken disease diagnosis using the certainty factor method. *Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 8(1), 38–47. <https://doi.org/10.54732/jeecs.v8i1.5>