



Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kura-Kura menggunakan Metode *Forward Chaining*

Melda Agnes Manuhutu^{1*}, Christy²

¹⁻²Sistem Informasi, Universitas Victory Sorong, Indonesia

*Penulis Korespondensi: melda.a.manuhutu@gmail.com

Abstract. Expert systems are widely applied in disease diagnosis, yet research on diagnosing turtle diseases remains limited, despite turtles being highly susceptible to bacterial, viral, and metabolic disorders that are difficult to identify due to non-specific symptoms. This study aims to design and build a web-based expert system for diagnosing turtle diseases using the Forward Chaining method. The system was developed using the Agile approach, covering literature study, expert data collection, system design, implementation, testing, and evaluation, and was built with PHP, MySQL, and Bootstrap. Knowledge data was obtained from interviews with experienced reptile veterinarians and relevant literature, resulting in three turtle diseases and ten symptoms compiled into an IF-THEN rule base. Black box testing showed that all eight test scenarios functioned as expected, indicating 100% system functionality. Accuracy testing by experts showed an accuracy rate of 88.89%. These findings indicate that the developed expert system can serve as a reliable preliminary diagnostic tool to support turtle owners, veterinarians, and conservation efforts.

Keywords: Agile Method; Diagnose; Expert System; Forward Chaining; Turtle.

Abstrak. Sistem pakar telah banyak diterapkan dalam diagnosis penyakit, namun penelitian yang berfokus pada diagnosis penyakit kura-kura masih sangat terbatas, padahal kura-kura rentan terhadap berbagai penyakit seperti infeksi bakteri, virus, dan gangguan metabolisme yang sulit dikenali karena gejalanya tidak spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosis penyakit kura-kura menggunakan metode *Forward Chaining*. Pengembangan sistem dilakukan dengan pendekatan Agile yang meliputi studi literatur, pengumpulan data dari pakar, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi, serta dibangun menggunakan PHP, MySQL, dan Bootstrap. Data pengetahuan diperoleh melalui wawancara dengan dokter hewan berpengalaman di bidang reptil serta studi literatur terkait, sehingga dihasilkan tiga jenis penyakit kura-kura dan sepuluh gejala yang disusun ke dalam basis aturan IF-THEN. Hasil pengujian *Black Box* menunjukkan bahwa seluruh delapan skenario pengujian berjalan sesuai harapan, sehingga fungsionalitas sistem dinyatakan 100% berjalan dengan baik. Pengujian akurasi oleh pakar menghasilkan tingkat akurasi sebesar 88,89%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pakar yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai alat bantu diagnosa awal yang andal bagi pemilik kura-kura, dokter hewan, dan upaya konservasi spesies ini.

Kata Kunci: Diagnosa; *Forward Chaining*; Kura-kura; Metode Agile; Sistem Pakar.

1. LATAR BELAKANG

Sistem pakar merupakan salah satu cabang teknologi kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) yang dirancang untuk meniru proses pengambilan keputusan manusia berdasarkan pengetahuan yang telah terstruktur dalam basis data. Dalam konteks diagnosis penyakit, sistem pakar dapat membantu mengidentifikasi kondisi kesehatan berdasarkan gejala yang diberikan, sehingga memberikan solusi yang cepat, akurat, dan efisien (Rukun et al., 2017; Babu et al., 2025; Yadav et al., 2021). Salah satu metode yang sering digunakan dalam sistem pakar adalah metode *Forward Chaining* yaitu metode inferensi berbasis aturan yang bekerja dengan memulai dari fakta awal (gejala) dan melacak aturan-aturan yang relevan hingga mencapai kesimpulan (Rukun et al., 2017; Babu et al., 2025; Munaiseche et al., 2018).

Penerapan sistem pakar dengan metode *Forward Chaining* telah banyak digunakan di berbagai bidang, termasuk diagnosis penyakit pada manusia (Babu et al., 2025; Yadav et al., 2021; Munaiseche et al., 2018), hewan (Xiao et al., 2009; Bilen et al., 2017), dan bahkan tumbuhan (Hutapea et al., 2019). Dalam bidang kesehatan, sistem ini mampu memberikan diagnosis yang konsisten dan membantu mengurangi ketergantungan pada tenaga ahli, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas (Babu et al., 2025; Yadav et al., 2021). Selain itu, sistem ini juga dapat diintegrasikan dengan teknologi modern seperti antarmuka berbasis web atau aplikasi seluler untuk meningkatkan aksesibilitas (Munaiseche et al., 2018; Astuti et al., 2017).

Namun, penelitian terkait penerapan sistem pakar untuk diagnosis penyakit pada kura-kura masih sangat terbatas. Kura-kura, sebagai salah satu spesies reptil, rentan terhadap berbagai penyakit seperti infeksi bakteri, virus, dan gangguan metabolisme (Rothschild et al., 2013; Castro Cortés et al., 2022; Chapman et al., 2018). Penyakit-penyakit ini sering kali sulit didiagnosis karena gejalanya yang tidak spesifik dan memerlukan keahlian khusus (Rothschild et al., 2013; Castro Cortés et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit kura-kura menggunakan metode *Forward Chaining* menjadi langkah penting untuk mendukung konservasi dan kesehatan spesies ini.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pakar berbasis *forward chaining* yang dapat mendiagnosis penyakit pada kura-kura berdasarkan gejala yang diberikan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu pemilik kura-kura, dokter hewan, dan pihak terkait dalam mendeteksi penyakit secara dini, sehingga langkah penanganan yang tepat dapat segera dilakukan.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau AI) yang dikembangkan untuk meniru kemampuan seorang pakar dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan pada suatu bidang tertentu. Konsep ini memanfaatkan pengetahuan, pengalaman, serta aturan-aturan yang diperoleh dari para ahli untuk disimpan ke dalam sebuah basis pengetahuan (*knowledge base*), kemudian diproses menggunakan mesin inferensi (*inference engine*) sehingga sistem mampu memberikan rekomendasi atau keputusan layaknya seorang pakar (Jabbar & Khan, 2015; Tan, 2017).

Secara umum, sistem pakar terdiri atas tiga komponen utama, yaitu basis pengetahuan, mesin inferensi, dan antarmuka pengguna. Basis pengetahuan berfungsi sebagai tempat penyimpanan fakta, aturan, dan pengalaman yang diperoleh dari para ahli. Selanjutnya, mesin inferensi bertugas melakukan proses penalaran berdasarkan aturan-aturan yang tersedia untuk menghasilkan suatu kesimpulan atau rekomendasi. Sementara itu, antarmuka pengguna memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem melalui proses konsultasi sehingga solusi yang diberikan dapat dipahami dan dimanfaatkan secara efektif (Tan, 2017; AlFarsi et al., 2021).

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan telah mendorong penerapan sistem pakar pada berbagai bidang. Dalam bidang kesehatan, sistem pakar banyak dimanfaatkan untuk membantu diagnosis penyakit, analisis hasil laboratorium, penentuan terapi, hingga penyusunan rekomendasi pengobatan. Keberadaan sistem ini mampu meningkatkan kecepatan, konsistensi, dan akurasi diagnosis, terutama pada daerah yang memiliki keterbatasan tenaga medis (Ramirez et al., 2025; Samarghitean & Vihinen, 2008; Yadav et al., 2021). Pada bidang pendidikan, sistem pakar digunakan sebagai media pendukung pembelajaran yang mampu memberikan saran dan rekomendasi berdasarkan pengetahuan yang telah ditanamkan ke dalam sistem (Supriyanto et al., 2018). Selain itu, pada sektor industri dan teknologi, sistem pakar telah diterapkan dalam perancangan komponen elektronik, otomatisasi kapal, pengelolaan bangunan cerdas, serta optimasi berbagai proses manufaktur (Arendt et al., 2018; Sierra et al., 2008). Penerapan lainnya juga ditemukan pada sektor pertanian untuk mendukung pengelolaan sumber daya dan pengambilan keputusan berbasis pengetahuan (Jabbar & Khan, 2015), serta pada bidang transportasi yang menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem kendaraan cerdas berbasis aturan (*rule-based expert systems*) (Reddy & Fields, 2022).

Dibandingkan dengan sistem konvensional, sistem pakar memiliki berbagai keunggulan, di antaranya mampu meningkatkan efisiensi proses pengambilan keputusan, menghasilkan keputusan yang konsisten, mempercepat penyelesaian masalah, serta menekan biaya operasional melalui otomatisasi proses konsultasi. Selain itu, sistem pakar juga dapat membantu mempertahankan pengetahuan para ahli agar tetap dapat dimanfaatkan meskipun pakar tersebut tidak tersedia secara langsung (Sil et al., 2019; Yadav et al., 2021). Meskipun demikian, efektivitas sistem pakar sangat bergantung pada kualitas basis pengetahuan, kelengkapan aturan yang digunakan, serta proses akuisisi pengetahuan dari para ahli. Pada beberapa kasus yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi, seperti diagnosis penyakit tertentu,

pengembangan sistem pakar masih menghadapi tantangan dalam menjaga tingkat akurasi dan kemampuan adaptasi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan (Ramirez et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar merupakan salah satu teknologi AI yang memiliki peran penting dalam membantu proses pengambilan keputusan pada berbagai bidang. Dengan kemampuan menyimpan dan merepresentasikan pengetahuan seorang pakar ke dalam sistem komputer, sistem pakar mampu memberikan solusi yang cepat, konsisten, dan efisien. Seiring dengan perkembangan teknologi kecerdasan buatan, dan teknologi AI modern lainnya diperkirakan akan semakin meningkatkan kemampuan sistem dalam menghasilkan keputusan yang lebih akurat, adaptif, dan mudah dijelaskan kepada pengguna (Blagoveschensky et al., 2021; Liang, 2026).

Forward Chaining

Forward Chaining adalah metode inferensi pada sistem pakar yang memulai penalaran dari fakta-fakta yang diketahui menuju kesimpulan. Proses penalaran dimulai dari data gejala yang dimasukkan pengguna, kemudian mesin inferensi mencocokkan fakta tersebut dengan aturan-aturan (*rule*) yang tersimpan dalam basis pengetahuan, sehingga menghasilkan suatu kesimpulan berupa diagnosa penyakit

Mekanisme *Forward Chaining* dapat dijelaskan sebagai berikut: sistem membaca fakta gejala yang dipilih pengguna, kemudian mencocokkan dengan *antecedent* (IF) dari setiap aturan. Apabila semua kondisi *antecedent* terpenuhi, maka *consequent* (THEN) dari aturan tersebut akan ditambahkan sebagai fakta baru. Proses ini berulang hingga tidak ada lagi aturan yang dapat di-*trigger* atau telah mencapai kesimpulan akhir. Representasi aturan (*rule*) dalam sistem ini menggunakan format:

IF Gejala_1 AND Gejala_2 AND ... AND Gejala_n

THEN Penyakit_X

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan Agile. Alur penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data dari pakar, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi.

Metode Pengembangan

Metode Agile adalah pendekatan manajemen proyek yang iteratif dan inkremental, yang awalnya dikembangkan untuk pengembangan perangkat lunak. Metode ini dirancang untuk meningkatkan fleksibilitas, kolaborasi, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan

kebutuhan proyek atau pasar. Metode Agile dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengakomodasi perubahan kebutuhan selama proses pengembangan berlangsung. Agile terdiri dari beberapa tahapan iteratif, yaitu: (1) Perencanaan (Planning), (2) Desain (Design), (3) Implementasi (Implementation), (4) Pengujian (Testing), dan (5) Evaluasi & Penyebaran (Evaluation & Deployment) (Nova et al., 2022). Pendekatan Agile memungkinkan pengembang untuk merespons perubahan kebutuhan pengguna secara cepat dan menghasilkan perangkat lunak yang berkualitas tinggi (Prastowo et al., 2023).



Gambar 1. Metode Agile

Pengumpulan Data

Data pengetahuan diperoleh melalui wawancara dengan drh. Maria M.F yang berpengalaman dalam bidang Kesehatan hewan, serta studi literatur dari referensi ilmiah terkait penyakit kura-kura. Hasil pengumpulan data menghasilkan 3 jenis penyakit kura-kura dan 10 gejala yang direpresentasikan dalam tabel gejala dan basis aturan. Tabel 1 menunjukkan data penyakit kura-kura yang digunakan dalam sistem.

Tabel 1. Data Penyakit Kura-Kura.

Kode	Nama Penyakit
P01	Infeksi Saluran Pernapasan (<i>Respiratory Infection</i>)
P02	Penyakit Tulang Metabolik (<i>Metabolic Bone Disease</i>)
P03	Busuk Tempurung (<i>Shell Rot</i>)

Tabel 2. Data Gejala Penyakit Kura-Kura.

Kode	Nama Gejala
G01	Saat bernapas terdengar bunyi atau sesak
G02	Keluar lendir pada hidung
G03	Sering membuka mulut saat bernapas
G04	Tempurung lunak
G05	Kaki lemah sulit bergerak
G06	Tulang atau tempurung melengkung
G07	Bercak putih atau hitam pada tempurung
G08	Tempurung rapuh
G09	Bau tidak sedap
G10	Luka bercak berlubang

Tabel 2 memperlihatkan 10 gejala yang dikodekan G01 hingga G10. Setiap gejala dihubungkan dengan satu atau lebih penyakit yang relevan. Gejala-gejala tersebut kemudian dirangkai ke dalam basis aturan menggunakan logika IF-THEN untuk proses inferensi *Forward Chaining*, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Basis Aturan (*Rule Base*) Sistem Pakar.

Kode R	Rule (IF-THEN)
R01	IF G01 AND G02 AND G03 THEN P01
R02	IF G04 AND G05 AND G06 THEN P02
R03	IF G07 AND G08 AND G09 AND G10 THEN P03

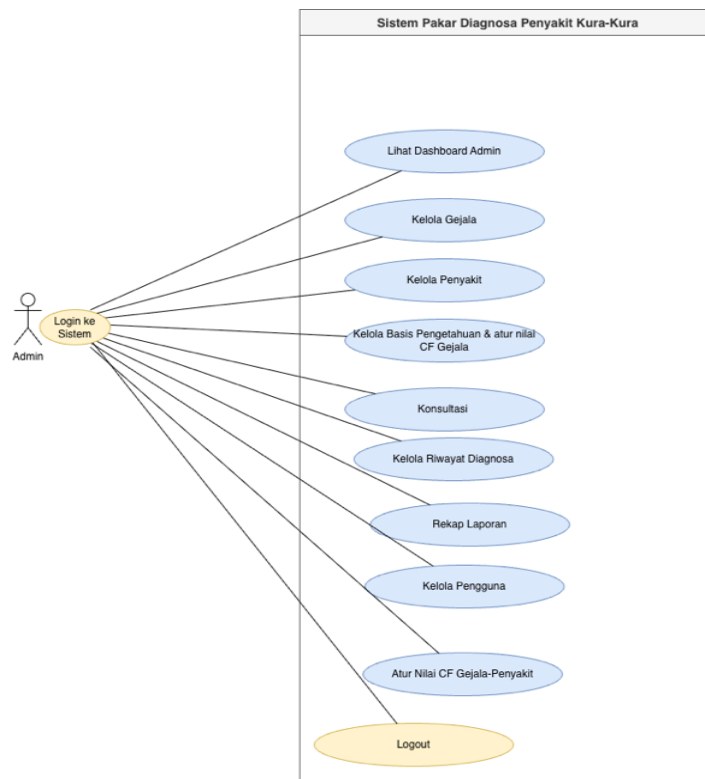
Gambar 2. *Flowchart* Sistem Pakar.

Alur kerja sistem dimulai ketika pengguna (pemilik hewan, dokter, atau admin) mengakses halaman konsultasi. Pengguna memilih gejala-gejala yang diamati pada kura-kura. Sistem kemudian menginisiasi mesin inferensi *forward chaining*: fakta gejala dibandingkan

dengan *antecedent* setiap aturan dalam basis pengetahuan. Jika seluruh kondisi terpenuhi, sistem menghasilkan diagnosa penyakit beserta rekomendasi penanganan.

Use Case Diagram

Use Case Diagram menggambarkan interaksi antara aktor-aktor dalam sistem dengan fungsionalitas yang tersedia. Terdapat tiga aktor utama dalam sistem ini: Admin, Dokter, dan Pemilik Hewan. Gambar 3 menunjukkan Use Case Diagram sistem pakar diagnosa penyakit kura-kura.



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem.

Berdasarkan *use case diagram*, aktor Admin memiliki hak akses penuh meliputi: login, kelola data gejala, kelola data penyakit, kelola basis aturan, kelola data pengguna, melakukan konsultasi, dan melihat laporan konsultasi. Aktor Dokter memiliki hak akses yang sama dengan Admin kecuali kelola data pengguna. Sementara Pemilik Hewan hanya dapat mengakses fitur konsultasi tanpa perlu melakukan login.

Tabel 4. Hak Akses Multi-Role Sistem.

Fitur	Admin	Dokter	Pemilik
Login Sistem	✓	✓	-
Kelola Data Gejala	✓	✓	-
Kelola Data Penyakit	✓	✓	-
Kelola Basis Aturan	✓	✓	-
Kelola Data Pengguna	✓	-	-
Konsultasi / Diagnosa	✓	✓	✓
Laporan Konsultasi	✓	-	-

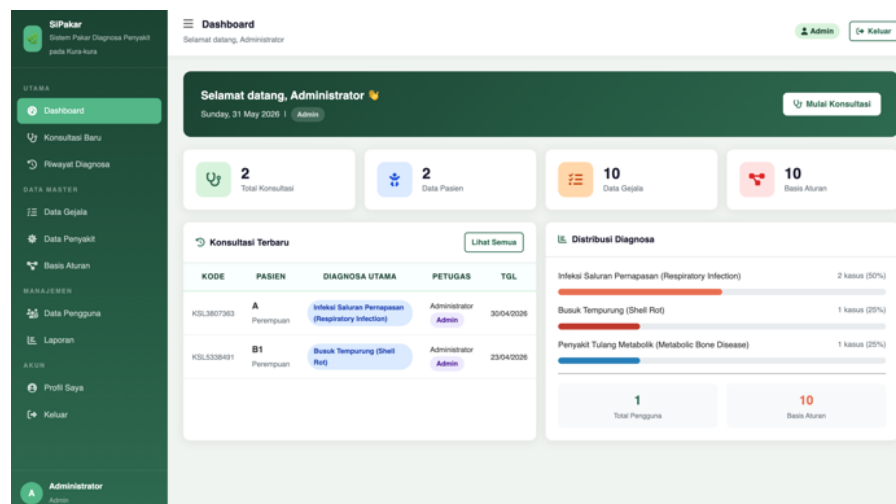
Arsitektur Sistem

Sistem dibangun menggunakan arsitektur Model-View-Controller (MVC) berbasis web. Teknologi yang digunakan meliputi: PHP, MySQL sebagai basis data, dan Bootstrap sebagai framework CSS untuk antarmuka pengguna. Sistem dapat diakses melalui browser web pada perangkat komputer maupun smartphone.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Sistem diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web yang terdiri dari beberapa modul utama, yaitu modul manajemen pengguna, modul basis pengetahuan, modul inferensi, dan modul pelaporan.



Gambar 4. Tampilan Dashboard Admin

Halaman dashboard Admin menampilkan menu utama yang mencakup seluruh fitur pengelolaan sistem, meliputi: (1) Data Gejala, untuk menambah, mengubah, dan menghapus data gejala penyakit; (2) Data Penyakit, untuk mengelola informasi penyakit beserta deskripsi dan solusi penanganan; (3) Basis Aturan, untuk mengatur hubungan antara kombinasi gejala dan penyakit; (4) Data Pengguna, untuk mengelola akun admin dan dokter; serta (5) Laporan Konsultasi, untuk melihat rekap hasil konsultasi.

Konsultasi Baru
Diagnosa - Forward Chaining

Admin Ketuar

Cari Pasien Lama

Nama / Kode Pasien

Ketik nama atau kode pasien...

Masukkan nama atau kode pasien untuk mencari.

Daftarkan Pasien Baru

Jenis & Nama Hewan *

Jenis & Nama

Tanggal Lahir *

dd/mm/yyyy

Jenis Kelamin *

Pilih --

Nama Pemilik

Nama Pemilik

No. Telepon

08000000000

Alamat

Alamat Lengkap

Daftar & Mulai Konsultasi

Fitur Diagnosa

Kura-kura D

Fitur Diagnosa yang Berhasil

Tulang atau tempurung melengkung

Berakut putih atau hitam pada tempurung

Tempurung rapuh

Bau tidak sedap

Proses Diagnosa Forward Chaining

Gambar 5. Tampilan Halaman Konsultasi.

Halaman konsultasi dapat diakses oleh pemilik hewan tanpa memerlukan login. Pengguna cukup memilih gejala-gejala yang diamati pada kura-kura mereka dari daftar gejala yang tersedia, kemudian menekan tombol “Diagnosa” untuk mendapatkan hasil. Sistem akan menampilkan nama penyakit, deskripsi penyakit, dan rekomendasi penanganan berdasarkan gejala yang dipilih.

Hasil Diagnosa
Kode KSL-700000

Proses Ketuar

Data Konsultasi

Kode Konsultasi: KSL700000

Tanggal: 31 Mar 2020

Petugas: Administrator (Admin)

Instansi: Dokter Hewan

Data Pasien

Nama Hewan: Kura-kura D

Kode: PKE01303

Jenis Kelamin: Laki-laki

Usia: 1 tahun 4 bulan

Pemilik Hewan: Bpk D

Gejala yang Diamati

GEJALA	CF USER
001 Tulang atau tempurung melengkung	1.00
002 Berakut putih atau hitam pada tempurung	1.00
003 Tempurung rapuh	1.00
004 Bau tidak sedap	1.00

Hasil Diagnosa Forward Chaining

POI

Busuk Tempurung (Shell Rot)

Sangat Pasti

99.25%

Menurut dokter hewan, penyakit ini biasanya disebabkan oleh kebersihan kandang yang buruk dan infeksi bakteri atau jamur.

Gambar 6. Tampilan Halaman Diagnosa.

Halaman diagnosa merupakan halaman hasil konsultasi. Dimana pada halaman diagnosa menampilkan hasil konsultasi terhadap hewan kura-kura berdasarkan gejala yang terlihat.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan dua metode, yaitu pengujian Black Box Testing untuk memvalidasi fungsionalitas sistem, dan pengujian akurasi oleh pakar untuk memvalidasi ketepatan diagnosa sistem dibandingkan dengan diagnosa dokter hewan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Black Box.

No	Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Login Admin/Dokter	Berhasil masuk dashboard	Valid
2	Tambah Data Gejala	Data tersimpan ke database	Valid
3	Tambah Data Penyakit	Data tersimpan ke database	Valid
4	Atur Basis Aturan	Aturan tersimpan	Valid
5	Proses Konsultasi	Sistem menghasilkan diagnosa	Valid
6	Hasil Diagnosa Tampil	Penyakit & solusi tampil	Valid
7	Laporan Konsultasi	Data rekap tampil	Valid
8	Logout	Keluar dari sesi	Valid

Hasil pengujian *Black Box* menunjukkan bahwa seluruh 8 skenario pengujian menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan, sehingga fungsionalitas sistem dapat dinyatakan 100% berjalan dengan baik.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem pakar diagnosa penyakit kura-kura berbasis web menggunakan metode *Forward Chaining* dengan pendekatan pengembangan sistem Agile. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sistem pakar yang dikembangkan mampu mendiagnosa 3 jenis penyakit kura-kura berdasarkan 10 gejala yang tersedia, dengan menggunakan metode inferensi *Forward Chaining* yang bekerja secara efektif dalam mencocokkan fakta gejala dengan basis aturan pengetahuan. Implementasi multi-role berjalan dengan baik. Admin dan dokter hewan memiliki hak penuh untuk mengelola basis pengetahuan sistem. Pengujian *Black Box* menunjukkan fungsionalitas sistem 100% berjalan sesuai harapan, dan pengujian akurasi oleh pakar menghasilkan tingkat akurasi 88,89%, yang mengindikasikan bahwa sistem dapat diandalkan sebagai alat bantu diagnosa awal penyakit kura-kura.

DAFTAR REFERENSI

- Astuti, I., Sutarno, H., & Rasim. (2017). The expert system of children's digestive tract diseases diagnostic using combination of forward chaining and certainty factor methods. *Proceeding - 2017 3rd International Conference on Science in Information Technology: Theory and Application of IT for Education, Industry and Society in Big Data Era (ICSITech 2017)*, 608–612. <https://doi.org/10.1109/ICSITech.2017.8257185>
- AlFarsi, G., Tawafak, R. M., Malik, S. I., & Mathew, R. (2021). Heuristic and Meta Dendral systems: A review. In *2021 22nd International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT53391.2021.9677414>
- Arendt, R., Kopczyński, A., & Spychalski, P. (2018). Centralized and distributed structures of intelligent systems for aided design of ship automation. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67229-8_28
- Babu, T., Nair, R. R., Rayar, P. V., Poornima, B. M., Komala, K. N., & Dharunkrishna, P. (2025). Forward chaining in expert systems: Application to medical diagnosis. In *Proceedings of the 2025 12th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom 2025)*. <https://doi.org/10.23919/INDIACom66777.2025.11115628>
- Bilen, M., Işık, A. H., & Yiğit, T. (2017). Expert system software for domestic animals [Evciil Hayvanlar için mobil uzman sistem yazılımı]. In *2017 2nd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK 2017)* (pp. 130–134). <https://doi.org/10.1109/UBMK.2017.8093581>
- Blagoveschensky, I. G., Balykhin, M. G., Blagoveschenskaya, M. M., Logunova, N. Y., et al. (2021). Analysis of the use of expert systems for monitoring and forecasting production processes. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_1_106
- Castro Cortés, A. A., Brieva, C., & Witte, C. (2022). Implications of wildlife trafficking on the health and conservation efforts of an endangered turtle species in Colombia. *Conservation Science and Practice*, 4(3). <https://doi.org/10.1111/csp2.595>
- Chapman, P. A., Cribb, T. H., Flint, M., Traub, R. J., Blair, D., Kyaw-Tanner, M. T., & Mills, P. C. (2018). Spirorchiidiasis in marine turtles: The current state of knowledge. *Diseases of Aquatic Organisms*, 133(3), 217–245. <https://doi.org/10.3354/dao03348>
- Hutapea, M. I., Jamaluddin, Silalahi, A. P., Nainggolan, M. L. W., & Simanullang, H. G. (2019). Developing an expert system of palm oil plant disease. In *2019 International Conference of Computer Science and Information Technology (ICoSNiKOM 2019)*. <https://doi.org/10.1109/ICoSNiKOM48755.2019.9111540>
- Jabbar, H. K., & Khan, R. Z. (2015). Survey on development of expert system in the areas of medical, education, automobile and agriculture. In *2015 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom 2015)*.
- Ketata, C., Satish, M. G., & Islam, M. R. (2006). Laying the foundation for pro-nature expert systems in petroleum engineering. In *Proceedings of the 36th International Conference on Computers and Industrial Engineering (ICC&IE 2006)*.
- Liang, J. (2026). Application analysis of artificial intelligence in the development of intelligent teaching system in colleges and universities. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering (LNICST)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-032-18628-7_16

- Munaiseche, C., Kaparang, D. R., & Rompas, P. (2018). An expert system for diagnosing eye diseases using forward chaining method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/306/1/012023>
- Nova, S. H., Widodo, A. P., & Warsito, B. (2022). Analisis metode Agile pada pengembangan sistem informasi berbasis website: Systematic literature review. *Techno.Com*, 21(1), 139–148. <https://doi.org/10.33633/tc.v21i1.5659>
- Prastowo, W. D., Danianti, D., & Pramuntadi, A. (2023). Analisis risiko pada pengembangan perangkat lunak menggunakan metode Agile dan RAD. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 3(3), 169–174. <https://doi.org/10.53866/jimi.v3i3.388>
- Ramirez, J. E. G., Valerio, M. K. A., Layug, J. R., et al. (2025). Application of expert systems with artificial intelligence in the medical field: A literature review. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*.
- Reddy, B., & Fields, R. (2022). From past to present: A comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980–2021. In *Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference (ACMSE 2022)*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3476883.3520211>
- Rothschild, B. M., Schultze, H. P., & Pellegrini, R. (2013). Osseous and other hard tissue pathologies in turtles and abnormalities of mineral deposition. In *Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology* (pp. 501–534). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4309-0_27
- Rukun, K., Hayadi, B. H., Mouludi, I., Lubis, A., Safril, & Jufri. (2017). Diagnosis of toddler digestion disorder using forward chaining method. In *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM 2017)*. <https://doi.org/10.1109/CITSM.2017.8089230>
- Samarghitean, C., & Vihinen, M. (2008). Medical expert systems. *Current Bioinformatics*.
- Sierra, E., Hossian, A., Rodríguez, D., García-Martínez, R., et al. (2008). Optimizing building's environments performance using intelligent systems. In *Lecture Notes in Computer Science*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69052-8_51
- Sil, R., Roy, A., Bhushan, B., & Mazumdar, A. K. (2019). Artificial intelligence and machine learning based legal application: The state-of-the-art and future research trends. In *Proceedings of the 2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS 2019)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS48478.2019.8974479>
- Supriyanto, G., Widiaty, I., Abdullah, A. G., & Mupita, J. (2018). Application of expert system for education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012304>
- Tan, H. (2017). A brief history and technical review of the expert system research. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 242(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/242/1/012111>
- Xiao, J., Wang, H., Zhang, R., Luan, P., Li, L., & Xu, D. (2009). The development of a general auxiliary diagnosis system for common disease of animal. In *IFIP International Federation for Information Processing*, 294, 953–958. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0211-5_19

Yadav, A. K., Shukla, R., & Singh, T. R. (2021). Machine learning in expert systems for disease diagnostics in human healthcare. In *Machine Learning, Big Data, and IoT for Medical Informatics* (pp. 179–200). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821777-1.00022-7>