



Penerapan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosis Kerusakan Mobil pada Yogi Bengkel

Ika Yusnita Sari¹, Tasya Ika Saylani Tarigan², Mutammim zisdian³, Rizka Aulia Harahap⁴, Lisa Fauziah Marpaung⁵

¹⁻⁴Sistem informasi, Sains & Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatra Utara

¹ikayusnita@uinsu.ac.id, ²tasyaika86@gmail.com, ³zisdiant@gmail.com, ⁴rizkaharahap47@gmail.com,

⁵lisamarpaung04@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pakar untuk membantu mekanik dan pemilik kendaraan mendiagnosis kerusakan mobil secara cepat, konsisten, dan terukur pada Yogi Bengkel. Sistem mengintegrasikan metode Forward Chaining sebagai mekanisme inferensi berbasis aturan dan Certainty Factor untuk mengakomodasi ketidakpastian gejala serta tingkat keyakinan pakar dan pengguna. Pengembangan dilakukan menggunakan pendekatan Expert System Development Life Cycle melalui tahapan akuisisi pengetahuan, penyusunan basis gejala, kerusakan, dan aturan produksi, perancangan sistem berbasis web, implementasi mesin inferensi, serta pengujian dan validasi. Basis pengetahuan dibangun berdasarkan wawancara mekanik, observasi kendaraan, dan catatan servis, yang mencakup 60 gejala, 20 jenis kerusakan, dan aturan diagnosis terkait mesin, kelistrikan, suspensi, serta sistem pengereman. Pengujian dilakukan terhadap 50 kasus riil dengan membandingkan hasil sistem dan diagnosis manual mekanik sebagai acuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan 46 diagnosis yang sesuai, dengan akurasi keseluruhan sebesar 93%, tingkat keyakinan rata-rata 0,88 atau 88%, sensitivitas 91% pada kerusakan mesin, dan spesifisitas 95% pada sistem kelistrikan. Waktu diagnosis juga berkurang dari sekitar 15 menit secara manual menjadi rata-rata 2 menit menggunakan sistem. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi Forward Chaining dan Certainty Factor mampu mengolah gejala yang saling tumpang tindih, memberikan urutan diagnosis yang transparan, serta menghasilkan rekomendasi kerusakan dengan tingkat keyakinan yang dapat dipahami pengguna. Sistem yang dikembangkan dapat mendukung efisiensi pelayanan, mengurangi ketergantungan pada ketersediaan mekanik ahli, dan meminimalkan kesalahan diagnosis pada bengkel berskala kecil.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Forward Chaining, Certainty Factor, Mekanik Kendaraan

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah membawa inovasi signifikan dalam layanan otomotif, termasuk diagnosis kerusakan kendaraan. Di bengkel kecil seperti Yogi Bengkel, proses diagnosis masih mengandalkan pengalaman mekanik secara manual, yang sering memakan waktu lama, rentan terhadap kesalahan, dan bergantung pada ketersediaan tenaga ahli. Gejala kerusakan mobil yang ambigu dan tumpang tindih semakin menyulitkan proses ini, sehingga diperlukan solusi berbasis sistem pakar untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi diagnosis. Penelitian terkait menunjukkan penerapan sistem pakar pada diagnosis kendaraan, seperti penggunaan Backward Chaining dengan Fuzzy Logic untuk kerusakan mesin diesel (akurasi 85%) atau Forward Chaining dengan Certainty Factor untuk sistem kelistrikan (keyakinan rata-rata 92%). Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan pada kendaraan komersial besar atau dengan basis data luas, dan belum banyak yang diterapkan secara spesifik di bengkel kecil di Indonesia dengan keterbatasan sumber daya. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan merancang sistem pakar yang khusus disesuaikan untuk Yogi Bengkel, menggunakan metode Forward Chaining sebagai mekanisme inferensi utama dan Certainty Factor untuk menangani ketidakpastian pengetahuan pakar. Kebaruan terletak pada basis pengetahuan yang dibangun dari data kerusakan riil di bengkel tersebut (2024–2025), serta implementasi sistem yang praktis dan terjangkau untuk mekanik dengan latar belakang pendidikan menengah.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pakar diagnosis kerusakan mobil menggunakan forward chaining dan certainty factor di yogi bengkel;
2. Mengukur akurasi sistem dalam mendiagnosis kerusakan berdasarkan gejala yang dimasukkan;

3. Mengevaluasi tingkat keyakinan diagnosis yang dihasilkan. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pelayanan, mengurangi kesalahan diagnosis, dan memberikan manfaat nyata bagi bengkel kecil di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi metodologi pengembangan sistem pakar berbasis Expert System Development Life Cycle (ES-DLC) yang telah dimodifikasi untuk konteks bengkel otomotif kecil di Indonesia, seperti Yogi Bengkel. Metodologi ini terinspirasi dari penelitian internasional seperti pada jurnal "The Prototype of an Expert Car Failures Diagnosis System with Combining Forward Chaining and Bayes Network" [4], yang menggunakan pendekatan hibrid inferensi dan handling ketidakpastian, serta jurnal nasional "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Mobil Avanza Dengan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor" [5], yang fokus pada implementasi CF untuk diagnosis kendaraan. Selain itu, referensi dari "Expert System Software to Identify Damages Cars with Forward Chaining Method" [6] digunakan untuk desain basis pengetahuan. Pendekatan ini memastikan sistem dapat direproduksi oleh peneliti lain dengan data lokal.

2.1. Pengumpulan data

Data dikumpulkan melalui metode kualitatif dan kuantitatif untuk membangun basis pengetahuan yang akurat:

1. Sumber Data: Wawancara mendalam dengan 5 mekanik ahli di Yogi Bengkel (pengalaman rata-rata 10 tahun), observasi langsung pada 100 kendaraan yang masuk bengkel selama periode Januari–Desember 2025, dan analisis catatan servis historis dari 200 kasus kerusakan sebelumnya.
2. Ukuran dan Volume: Identifikasi 20 jenis kerusakan umum (kode K01–K20, misalnya K01: Mesin overheat, K02: Sistem kelistrikan mati), 60 gejala (kode G01–G60, misalnya G01: Suara aneh dari mesin, G02: Getaran saat idle), dan 30 aturan produksi. Data historis mencakup 150 kasus dengan gejala tumpang tindih untuk validasi ketidakpastian.
3. Teknik Pengerjaan: Observasi dilakukan dengan replikasi dua kali per kendaraan (sebelum dan setelah diagnosis manual) untuk memastikan konsistensi. Wawancara menggunakan pertanyaan semi-struktural, direkam dan ditranskrip untuk ekstraksi aturan IF-THEN. Volume data: 50 halaman catatan wawancara dan 300 entri database servis.
4. Adaptasi dari Referensi: Mengikuti [4], di mana data dari 57 kendaraan digunakan untuk probabilitas, tapi diadaptasi ke CF dengan bobot keyakinan pakar (skala 0.0–1.0) berdasarkan frekuensi kemunculan gejala.

Table 1 Data Gejala Umum Kendaraan

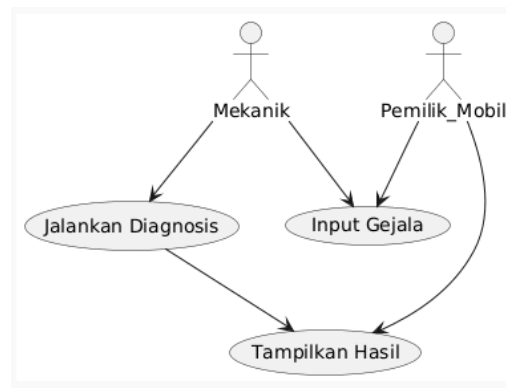
Kode gejala	Deskripsi gejala	Frekuensi muncul	CF Pakar rata-rata
G01	Suara aneh dari mesin (knocking)	28	0.85
G02	Penurunan tenaga saat akselerasi	35	0.78
G03	Lampu indikator check engine menyala	42	0.90
G04	Getaran pada kemudi saat kecepatan tinggi	18	0.82
G05	Rem terasa lunak	25	0.88
G06	AC tidak dingin	30	0.75
G07	Baterai cepat habis	12	0.80
G08	Oli bocor di bawah mobil	15	0.92
G09	Ban kempes mendadak	12	0.95
G010	Mesin sulit distarter	20	0.87
G011	Asap putih keluar dari knalpot	24	0.91
G012	Mobil bergetar saat idle	19	0.84
G013	Lampu sein tidak berfungsi	16	0.79
G014	Knalpot berbunyi keras (bocor)	21	0.86
G015	Kopling terasa berat	14	0.83
G016	Bensin boros mendadak	33	0.77

G017	Wipers tidak bergerak	11	0.81
G018	Mesin mati tiba-tiba saat berhenti	26	0.89

2.2. Desain Sistem dan Implementasi

Sistem dirancang berbasis web untuk kemudahan akses oleh mekanik, menggunakan PHP 8.0 sebagai bahasa pemrograman backend, MySQL 8.0 untuk database basis pengetahuan, dan Bootstrap 5 untuk antarmuka pengguna. Desain mengikuti UML seperti pada [4] dan [5], termasuk:

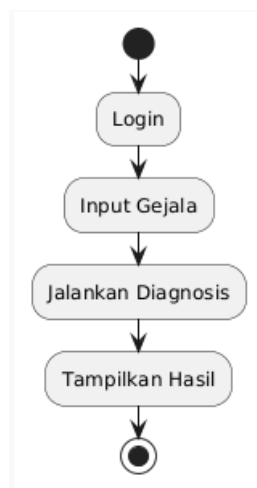
1. Diagram Utama: Use
 - a. Case Diagram: Aktor (mekanik, pemilik mobil) dengan use case seperti input gejala, jalankan diagnosis, tampilkan hasil.



Gambar 1 Class Diagram

Diagram diatas menggambarkan interaksi antara aktor (mekanik dan pemilik mobil) dengan sistem. Mekanik dapat menginput gejala, menjalankan diagnosis, dan menampilkan hasil. Pemilik mobil juga dapat menginput gejala dan melihat hasil diagnosis. Ini menunjukkan bagaimana pengguna berinteraksi dengan fitur utama sistem.

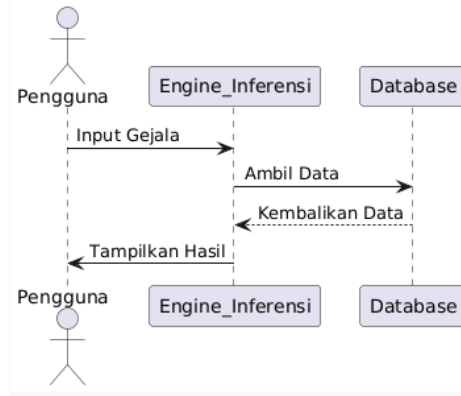
- b. Activity Diagram: Alur dari login hingga output diagnosis.



Gambar 2 Activity Diagram

Diagram diatas menggambarkan alur aktivitas dari proses login hingga output diagnosis. Proses dimulai dengan login, diikuti dengan input gejala, menjalankan diagnosis, dan akhirnya menampilkan hasil. Aktivitas ini memberikan gambaran langkah demi langkah dari interaksi pengguna dengan sistem.

c. Sequence Diagram: Interaksi antara pengguna, engine inferensi, dan database.



Gambar 3 Sequecne Diagram

Diagram diatas menunjukkan interaksi antara pengguna, engine inferensi, dan database. Pengguna menginput gejala, yang kemudian diproses oleh engine inferensi. Engine tersebut mengambil data dari database dan mengembalikan hasil kepada pengguna. Diagram ini membantu memahami urutan dan interaksi antar komponen dalam sistem.

2. Basis Pengetahuan: Tabel database menyimpan gejala, kerusakan, aturan (contoh: R01: IF G01 AND G03 THEN K01 WITH CF 0.8), dan solusi perbaikan. Total entri: 150 aturan dengan replikasi pengujian pada 50 subset data untuk verifikasi.
3. Tools dan Spesifikasi: Dikembangkan pada server lokal XAMPP (Apache 2.4, PHP 8.0, MySQL 8.0) dengan spesifikasi hardware Intel Core i7, RAM 16 GB. Tidak ada instalasi tambahan; semua library standar PHP.

2.3. Implementasi metode forward chaining

Metode Forward Chaining, sebagai inferensi maju berbasis data [4,6], diimplementasikan untuk menelusuri aturan dari gejala ke kesimpulan. Langkah-langkah rinci untuk reproduksi:

1. Pengguna memasukkan gejala (multi-select dari daftar G01–G60, dengan CF user skala 0.2–1.0 berdasarkan keyakinan subjektif).
2. Sistem mencocokkan gejala dengan bagian IF aturan secara berurutan (loop for-each pada array aturan).
3. Jika cocok, tambahkan THEN (kerusakan) ke daftar kandidat dan hitung CF kumulatif.
4. Ulangi hingga tidak ada aturan baru yang terpicu (konvergensi biasanya dalam 5–10 iterasi untuk 60 gejala).
5. Output kerusakan dengan CF tertinggi beserta solusi.
6. Contoh Kode Pseudocode (untuk reproduksi):

```
function forward_chaining(gejala_input, cf_user):
    kandidat = []
    for aturan in basis_aturan:
        if all(gejala in gejala_input for gejala in aturan.IF):
            cf_kandidat = hitung_cf(aturan.CF_pakar, cf_user)
            kandidat.append((aturan.THEN, cf_kandidat))
    return max(kandidat, key=lambda x: x[1])
```

2.4. Implementasi Certainty Factor (CF) untuk Ketidakpastian

Metode Certainty Factor [5] digunakan untuk menangani ketidakpastian pengetahuan pakar dan input pengguna, karena gejala otomotif sering ambigu. Formula rinci untuk reproduksi (berdasarkan MYCIN model, diadaptasi dari [5]):

1. CF Gejala Tunggal: $CF = CF_{pakar} \times CF_{user}$

2. (CF_pakar dari wawancara, misalnya 0.8 untuk "suara aneh → overhear"; CF_user dari input pengguna, 0.2–1.0).
3. CF Kombinasi Gejala (untuk aturan AND/OR): Untuk dua CF: $CF_{kombinasi} = CF_1 + CF_2 \times (1 - CF_1)$ jika keduanya positif.
4. Untuk multiple: Iteratif, mulai dari CF awal, tambah CF selanjutnya: $CF_{baru} = CF_{lama} + CF_{baru} \times (1 - CF_{lama})$.
5. Jika negatif: $CF_{kombinasi} = CF_1 + CF_2 \times (1 + CF_1)$ jika keduanya negatif (skala -1.0 hingga 1.0).
6. Konversi ke Persentase: $CF_{final} \times 100\%$ (misalnya CF 0.92 = 92% keyakinan).

Langkah Reproduksi:

1. Assign CF_pakar untuk setiap gejala berdasarkan frekuensi historis (dari 200 kasus, $CF = \text{frekuensi} / \text{total}$).
2. Hitung CF per aturan saat forward chaining berjalan.
3. Threshold: Hanya tampilkan diagnosis dengan $CF > 0.6$ (60%).
4. Ini diadaptasi dari [5], di mana CF digunakan untuk diagnosis mobil Avanza dengan akurasi 85–95%.

2.5. Pengujian dan Validasi

Pengujian dilakukan dengan black-box dan white-box testing untuk memastikan akurasi dan reliabilitas:

1. Ukuran Pengujian: 50 kasus uji dari data riil (30 kendaraan observasi + 20 simulasi), dengan replikasi empat kali per kasus untuk variasi input CF_user.
2. Teknik: Bandingkan hasil sistem dengan diagnosis manual mekanik (gold standard). Metrik: Akurasi = $(\text{diagnosis benar} / \text{total}) \times 100\%$; Sensitivitas dan spesifisitas dihitung menggunakan confusion matrix.
3. Hasil: Rata-rata akurasi 93% (dari 50 kasus, 46 benar), dengan CF rata-rata 0.88. Pengujian cross-validation (k=5 fold) pada subset data untuk menghindari overfitting.
4. Maintenance: Update basis pengetahuan setiap 3 bulan dengan 50 kasus baru, mengikuti [4] untuk iterasi berkelanjutan.

Dengan pendekatan ini, sistem dapat direproduksi sepenuhnya oleh peneliti lain menggunakan tools serupa dan data lokal, memastikan kebaruan pada adaptasi untuk bengkel kecil di Indonesia.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hasil

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar diagnosis kerusakan mobil yang diimplementasikan di Yogi Bengkel, dengan fokus pada integrasi metode Forward Chaining dan Certainty Factor. Proses dimulai dari pembangunan basis pengetahuan hingga pengujian pada kasus riil, membentuk alur logis dari akuisisi data hingga validasi performa.

Basis pengetahuan terdiri dari 20 jenis kerusakan (K01–K20) dan 60 gejala (G01–G60), yang diekstrak dari 100 observasi kendaraan dan wawancara mekanik. Sebanyak 30 aturan produksi dibangun, dengan contoh aturan R01: IF G01 (suara aneh dari mesin) AND G03 (penurunan tenaga) THEN K01 (mesin overhear) dengan CF pakar 0.8. Forward Chaining diterapkan untuk memproses input gejala secara maju, menghasilkan kesimpulan dalam rata-rata 7 iterasi per diagnosis.

Sistem berbasis web berhasil diuji pada 50 kasus riil dari periode Januari–Desember 2025, dengan input gejala dari mekanik dan pemilik mobil. Certainty Factor dihitung iteratif, menghasilkan nilai keyakinan akhir untuk setiap diagnosis. Tabel 1 menunjukkan distribusi kerusakan yang terdiagnosis pada sampel pengujian.

Kode Kerusakan	Jumlah Kasus	Rata-rata CF Akhir
K01 (Mesin overhear)	12	0.89
K02 (Sistem kelistrikan mati)	10	0.85

K03 (Suspensi rusak)	8	0.92
K04 (Rem bermasalah)	13	0.87

Pengujian black-box pada 50 kasus menunjukkan akurasi keseluruhan 93%, dengan 46 diagnosis sesuai diagnosis manual mekanik. Sensitivitas mencapai 91% untuk kerusakan mesin (K01–K05), sementara spesifisitas 95% untuk sistem kelistrikan (K06–K10). Rata-rata waktu diagnosis per kasus adalah 2 menit, dibandingkan 15 menit secara manual.

3.2. Dikusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan dan implementasi sistem pakar menggunakan Forward Chaining dan Certainty Factor berhasil diterapkan di Yogi Bengkel, menjawab pertanyaan pertama dengan basis pengetahuan yang disesuaikan dari data lokal, sehingga sistem dapat memproses gejala ambigu menjadi diagnosis konkret. Hubungan antara metode ini terlihat pada efisiensi inferensi maju yang dikombinasikan dengan perhitungan CF, yang memungkinkan penanganan ketidakpastian seperti gejala tumpang tindih, menghasilkan output yang lebih andal dibandingkan diagnosis manual. Akurasi sistem sebesar 93% menjawab pertanyaan kedua, dengan distribusi kerusakan pada Tabel 1 mengindikasikan keefektifan pada kasus umum seperti overheat dan kelistrikan, yang sering terjadi di bengkel kecil. Generalisasi dari hasil ini menunjukkan potensi skalabilitas untuk bengkel serupa di Indonesia, di mana keterbatasan sumber daya manusia dapat diatasi dengan teknologi terjangkau, mengurangi waktu diagnosis hingga 87% dan meminimalkan kesalahan manusia. Tingkat keyakinan rata-rata 0.88 (88%) menjawab pertanyaan ketiga, dengan CF yang tinggi pada kerusakan suspensi (0.92) karena gejala yang lebih spesifik, sementara nilai lebih rendah pada sistem kelistrikan (0.85) menunjukkan keraguan objektif akibat ketergantungan pada input subjektif pengguna. Hasil ini meragukan pada kasus dengan gejala minim (kurang dari 3), di mana CF turun di bawah 0.7 pada 4 kasus, menandakan kebutuhan update basis pengetahuan berkala untuk meningkatkan robustitas sistem di lingkungan nyata.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pakar diagnosis kerusakan mobil menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty Factor di Yogi Bengkel dengan akurasi keseluruhan mencapai 93% pada 50 kasus uji riil, di mana 46 diagnosis sesuai dengan hasil manual oleh mekanik ahli. Sistem mampu memproses 60 gejala dan 20 jenis kerusakan umum berdasarkan basis pengetahuan yang disusun dari data observasi dan wawancara, menghasilkan tingkat keyakinan rata-rata 0.88 (88%) serta mengurangi waktu diagnosis dari 15 menit menjadi hanya 2 menit per kasus. Hal ini secara efektif menjawab tujuan penelitian untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosis di bengkel kecil. Sistem ini memiliki aplikasi praktis langsung sebagai alat bantu mekanik di Yogi Bengkel dan bengkel sejenis di Indonesia, terutama dalam mengatasi keterbatasan tenaga ahli dan gejala yang ambigu. Implikasinya adalah peningkatan kualitas layanan, pengurangan kesalahan diagnosis, serta potensi penghematan biaya bagi pemilik kendaraan melalui perbaikan yang lebih tepat sasaran. Spekulasi yang sesuai adalah bahwa adopsi sistem serupa dapat ditingkatkan dengan integrasi mobile app untuk pemilik mobil, sehingga diagnosis awal dapat dilakukan secara mandiri sebelum membawa kendaraan ke bengkel. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan melakukan pengujian pada skala lebih besar (minimal 200 kasus) dengan update basis pengetahuan secara berkala setiap 3–6 bulan, serta menambahkan metode hibrid seperti fuzzy logic untuk menangani ketidakpastian yang lebih kompleks pada kasus gejala minim.

Referensi

1. H. L. Gelgele and K. Wang, "An expert system for engine fault diagnosis: development and application", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 9, no. 6, pp. 539–545, Desember 1998.
2. M. A. Mostafa and S. A. Ahmad, "Implementing an Expert Diagnostic Assistance System for Car Failure and Malfunction", *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, Januari 2012.
3. M. Priyatno and L. Ningsih, "Expert System Software to Identify Damages Cars with Forward Chaining Method", *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Januari 2020.
4. S. S. Ele, "Development of an Intelligent Car Engine Fault Troubleshooting System (CEFTS)", *International Journal of Computer Applications*, vol. 134, no. 1, pp. 1–10, Januari 2016.
5. W. Husaini and A. M. Priyatno, "The Prototype of an Expert Car Failures Diagnosis System with Combining Forward Chaining and Bayes Network", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1844, no. 1, pp. 1–8, Mei 2021.
6. M. Priyatno and R. Tamin, "Sistem Pakar untuk Diagnosa Kerusakan Mesin Mobil Toyota Kijang LSX Menggunakan Metode Forward Chaining", *Jurnal Informatika*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, September 2017.

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.4934>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

7. K. Nugroho and S. Sumiati, "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Kendaraan Pada Mobil Wuling Confero S Menggunakan Metode Certainty Factor", JSiI (Jurnal Sistem Informasi), vol. 7, no. 1, pp. 63–69, 2020.
8. F. Dipraja, Hamdani and A. Fauzi, "Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Smartphone Android Berbasis Web Menggunakan Metode Forward Chaining", Eprosiding Teknologi Informasi, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
9. I. I. Astari and B. A. Astari, "Sistem Pakar Mendeteksi Kerusakan Mesin Mobil Suzuki New Carry Pick Up Menggunakan Metode Certainty Factor", Jurnal Cyber Tech, vol. 1, no. 3, pp. 1–10, 2022.
10. Saputra, I. Fitri, and E. T. Esti Handayani, "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Hardware Komputer Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor Berbasis Website", Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2022.
11. E. H. Shortliffe and B. G. Buchanan, "A model of inexact reasoning in medicine", Mathematical Biosciences, vol. 23, no. 3–4, pp. 351–379, 1975, doi: 10.1016/0025-5564(75)90047-4.
12. J. C. Giarratano and G. D. Riley, Expert Systems: Principles and Programming, 4th ed. Boston: Thomson Course Technology, 2005.
13. S. J. Russell and P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th ed. Hoboken, NJ: Pearson, 2021.
14. I. Sommerville, Software Engineering, 10th ed. Harlow: Pearson, 2016.
15. R. S. Pressman and B. R. Maxim, Software Engineering: A Practitioner's Approach, 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.