

Implementasi Sistem Pakar dengan *Forward Chaining* untuk Identifikasi Kerusakan *Router*

Gizwa Budi Nugraha^{1*}, Rosyid Eko Nugroho²

^{1,2}Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl.HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, Telp. (0267) 641177

Keywords:

Expert System, Forward Chaining, Router.

Correspondent Email:

2110631170145@student.unsika.ac.id

Abstrak. Sistem pakar dengan algoritma *forward chaining* dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan pada *router*. *Router* adalah perangkat jaringan yang penting dalam pengiriman data antar jaringan. Namun, ketika terjadi masalah pada *router*, mendiagnosis dan mengidentifikasi kerusakan dapat menjadi tugas yang rumit. Oleh karena itu, pengembangan sistem pakar yang menggunakan algoritma *forward chaining* berbasis web dapat membantu mengatasi masalah tersebut. Dalam implementasi ini, didapatkan enam rule sistem pakar yang telah ditentukan sebelumnya. Aturan-aturan ini menghubungkan gejala-gejala yang terlihat pada *router* dengan kemungkinan kerusakan yang mungkin terjadi. Proses algoritma *forward chaining* dimulai dengan mengidentifikasi gejala-gejala atau masalah yang terlihat pada *router*. Sistem pakar akan memeriksa aturan-aturan satu per satu untuk melihat apakah gejala-gejala tersebut sesuai dengan prasyarat atau kondisi yang diperlukan oleh aturan tersebut. Jika prasyarat terpenuhi, sistem pakar akan menarik kesimpulan mengenai kerusakan yang mungkin terjadi. Dengan pengujian rule yang dilakukan di web yang dibuat didapatkan hasil bahwa rule tersebut sudah berfungsi dengan baik di *website*.



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract. An expert system with a forward chaining algorithm can be used to identify damage to the router. Router is a network device that is important in sending data between networks. However, when a problem occurs with a router, diagnosing and identifying the fault can be a tricky task. Therefore, the development of an expert system that uses a web-based forward chaining algorithm can help overcome this problem. In this implementation, six predefined expert system rules are obtained. These rules relate the visible symptoms of the router to the possible damage that may occur. The forward chaining algorithm process begins by identifying the symptoms or problems seen on the router. The expert system will check the rules one by one to see if these symptoms comply with the prerequisites or conditions required by the rules. If the prerequisites are met, the expert system will draw conclusions about possible damage. By testing the rules that have been carried out, the results show that the rule is functioning properly on the website.

1. PENDAHULUAN

Dalam lingkungan jaringan komputer, *router* memiliki peran penting sebagai perangkat yang mengarahkan dan mengontrol

lalu lintas data antara jaringan lokal dan jaringan eksternal, seperti internet. Kerusakan pada *router* dapat menyebabkan gangguan konektivitas, penurunan kinerja jaringan, dan

masalah lain yang dapat mempengaruhi penggunaan internet dan akses ke sumber daya jaringan.

Mendiagnosis kerusakan pada *router* seringkali menjadi tugas yang rumit dan memerlukan pemahaman mendalam tentang konfigurasi jaringan, protokol komunikasi, dan masalah perangkat keras. Dalam hal ini, penerapan sistem pakar dapat menjadi solusi yang efektif untuk membantu teknisi atau pengguna dalam mengidentifikasi dan memecahkan masalah kerusakan pada *router* [8]. Secara umum, sistem dapat diartikan sebagai suatu kesatuan yang terdiri dari berbagai elemen yang saling berinteraksi dan bekerja sama guna mencapai tujuan tertentu. Sistem juga bisa dipahami sebagai suatu struktur atau rangkaian proses yang berfungsi secara terpadu. Sistem ini dapat bersifat nyata maupun tidak berwujud, seperti sistem mekanik, sistem biologis, sistem informasi, atau sistem sosial. Dalam kehidupan sehari-hari, contoh penerapan sistem dapat ditemukan dalam sistem transportasi di perkotaan, sistem keamanan pada jaringan komputer, sistem komunikasi melalui media sosial, dan sebagainya [15]. Untuk menerapkan dan mengimplementasikan pengetahuan yang dimiliki oleh seorang ahli, dibutuhkan suatu sistem yang dikenal sebagai sistem pakar. Sistem pakar adalah perangkat lunak yang dibuat untuk meniru kemampuan dan penalaran seorang pakar. Secara umum, sistem ini mengadopsi keahlian manusia ke dalam bentuk digital, sehingga komputer mampu menyelesaikan permasalahan dengan cara yang menyerupai metode yang digunakan oleh para ahli di bidangnya. Sistem pakar adalah aplikasi kecerdasan buatan yang mengadopsi pengetahuan dari pakar manusia dan menggunakan aturan-aturan logika untuk membuat keputusan atau memberikan solusi dalam domain tertentu [1]. Dalam konteks ini, pendekatan *forward chaining* digunakan, di mana sistem mengumpulkan fakta-fakta dan mengaplikasikan aturan-aturan yang ada untuk mencapai kesimpulan atau solusi.

Dengan mengimplementasikan sistem pakar dengan pendekatan *forward chaining*, pengguna atau teknisi dapat memberikan gejala-gejala kerusakan *router* yang diamati. Sistem akan menganalisis gejala tersebut dengan menggunakan aturan-aturan yang telah

ditentukan sebelumnya. Melalui proses inferensi, sistem akan menghasilkan kesimpulan atau identifikasi kerusakan pada *router* yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar untuk mengambil tindakan perbaikan yang sesuai.

Melalui implementasi sistem pakar dengan pendekatan *forward chaining* untuk identifikasi kerusakan *router* berbasis web, dapat meningkatkan efisiensi dalam mendiagnosis masalah dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menemukan solusi [9]. Dengan adanya sistem pakar ini, pengguna atau teknisi yang kurang berpengalaman dalam bidang jaringan dapat mendapatkan panduan yang akurat dan spesifik dalam mengatasi masalah kerusakan pada *router*. Implementasi sistem pakar dengan pendekatan *forward chaining* dalam identifikasi kerusakan *router* memberikan sejumlah manfaat. Metode *forward chaining* bekerja dengan memanfaatkan data atau fakta yang tersedia terlebih dahulu, kemudian mengaplikasikan serangkaian aturan secara bertahap untuk memperoleh kesimpulan atau mencapai tujuan tertentu. Pertama, sistem ini memiliki kemampuan untuk mengolah informasi secara efisien dan memberikan *output* yang konsisten. Kedua, sistem ini dapat dimanfaatkan oleh tenaga kesehatan dari berbagai *level*, termasuk mereka yang belum berpengalaman dalam mendiagnosis penyakit pernapasan kronis. Ketiga, sistem ini bersifat fleksibel karena dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan pengetahuan baru dan hasil temuan klinis terbaru [13].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar umumnya merupakan sistem yang mengintegrasikan pengetahuan manusia ke dalam program komputer, sehingga komputer dapat menyelesaikan permasalahan sebagaimana yang biasa dilakukan oleh para ahli. Selain itu, sistem pakar juga mampu menarik kesimpulan secara konsisten dalam waktu yang relatif singkat, bahkan dalam beberapa kasus dapat lebih cepat dibandingkan dengan pakar manusia [12].

Sistem pakar merupakan sebuah program komputer cerdas yang dirancang untuk

meniru kecerdasan manusia dalam menyelesaikan permasalahan kompleks yang biasanya memerlukan pengetahuan dan keahlian khusus dari seorang pakar [11].

Sistem pakar merupakan salah satu teknologi yang mengalami perkembangan pesat. Sebagai bagian dari cabang kecerdasan buatan, sistem ini memiliki pengaruh yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Sistem pakar memanfaatkan pengetahuan dari para ahli untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit di berbagai sektor seperti kesehatan, ilmu pengetahuan, teknik, bisnis, serta prediksi cuaca. Sistem ini bekerja sebagai program komputer yang dirancang untuk meniru cara berpikir dan bertindak seorang pakar. Pengetahuan dari pakar dituangkan ke dalam bentuk data atau aturan-aturan logis yang diintegrasikan ke dalam sistem, sehingga dapat digunakan untuk menangani berbagai persoalan yang kompleks.

2.2 Algoritma

Algoritma merupakan kumpulan langkah-langkah khusus yang dirancang untuk menyelesaikan suatu permasalahan secara logis. Kata "logis" di sini mengandung makna bahwa setiap langkah harus dilakukan secara sistematis, teratur, dan berurutan, serta memiliki kejelasan agar algoritma dapat berfungsi secara tepat dan efektif.

Dalam memilih algoritma, terdapat beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan, salah satunya adalah tingkat akurasi. Tidak peduli seberapa canggih suatu algoritma, jika hasil yang diberikan tidak tepat, maka algoritma tersebut tidak dapat dianggap baik. Selain akurasi, penting juga untuk mengevaluasi sejauh mana algoritma mampu mencapai hasil yang diinginkan, terutama untuk permasalahan yang memerlukan solusi pasti, bukan sekadar perkiraan. Algoritma yang ideal adalah yang mampu menghasilkan output yang mendekati nilai sebenarnya. Faktor lain yang tak kalah penting adalah efisiensi algoritma, yang dapat dilihat dari dua aspek utama: waktu proses dan penggunaan memori.

2.3 Forward Chaining

Forward chaining adalah proses inferensi atau penarikan kesimpulan logis yang dimulai dari fakta-fakta yang diketahui menuju kesimpulan yang lebih kompleks atau rumit [4]. Ini adalah salah satu metode yang digunakan dalam sistem berbasis aturan atau sistem kecerdasan buatan untuk membuat keputusan atau menghasilkan pengetahuan baru.

Dalam *forward chaining*, sistem menggunakan aturan-aturan logika dan fakta-fakta yang diketahui untuk mencapai kesimpulan yang lebih luas [5]. Sistem mulai dengan fakta-fakta awal atau dasar yang diberikan dan mencocokkan mereka dengan aturan-aturan yang ada. Jika fakta-fakta tersebut sesuai dengan kondisi dalam aturan, maka kesimpulan yang terkait dengan aturan tersebut dihasilkan [10]. Fakta-fakta baru yang dihasilkan kemudian dapat digunakan sebagai fakta input untuk mengaktifkan aturan-aturan lainnya, dan proses ini terus berlanjut hingga tidak ada lagi kesimpulan yang bisa dihasilkan [5].

Dalam proses pencocokan, sistem memulai dari aturan yang berada di posisi paling atas. Setiap aturan hanya dapat dijalankan satu kali. Proses ini akan berhenti ketika tidak ada lagi aturan yang memenuhi syarat untuk dijalankan. Pendekatan pelacakan dilakukan dari data masukan terlebih dahulu, lalu diarahkan untuk membentuk sebuah kesimpulan. Proses pelacakan ke depan berupaya menemukan fakta yang sesuai dengan bagian *IF* pada aturan *IF-THEN*. [6].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan menelusuri berbagai referensi atau tulisan yang telah tersedia sebelumnya. Dalam hal ini, pengalaman individu atau subjek penelitian menjadi pusat perhatian dan dijadikan sebagai fenomena utama dalam kajian tersebut [7].

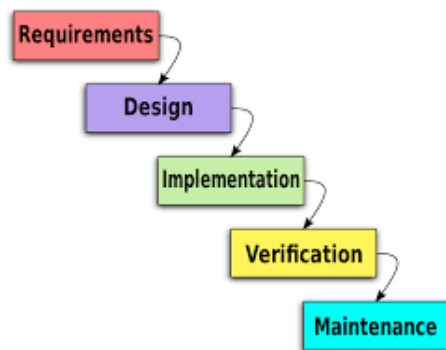
3.2 Waterfall

Metodologi penelitian yang digunakan dalam paper ini, yaitu metodologi Waterfall atau air terjun. Dalam metodologi

Waterfall, setiap fase pengembangan (seperti analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan) dilakukan secara berurutan dan harus selesai sebelum fase berikutnya dimulai [2].

Setelah satu fase selesai, biasanya tidak ada kemungkinan untuk kembali ke fase sebelumnya.

Metodologi Waterfall memiliki beberapa kelebihan, seperti kejelasan alur pengembangan dan dokumentasi yang rinci. Ini memungkinkan tim pengembangan untuk memiliki pemahaman yang jelas tentang apa yang diharapkan dan membuat rencana yang terperinci. Metodologi Waterfall juga cocok untuk proyek-proyek dengan persyaratan yang sudah didefinisikan dengan baik dan sedikit perubahan yang diharapkan [3].



Gambar 1. Tahap Waterfall

3.1.1 Requirements

Pada tahap requirements, dilakukan pengumpulan informasi melalui wawancara dengan pakar jaringan atau teknisi yang berpengalaman untuk mengidentifikasi berbagai jenis kerusakan router beserta gejala-gejalanya. Selain itu, dikumpulkan juga solusi atau tindakan yang biasa diambil untuk setiap jenis kerusakan. Kebutuhan sistem, baik dari sisi perangkat lunak, perangkat keras, maupun fungsionalitas sistem, juga ditentukan pada tahap ini.

3.1.2 Design

Pada tahap design, dilakukan perancangan sistem yang mencakup struktur basis pengetahuan berupa fakta

(gejala) dan aturan (IF-THEN), perancangan *inference engine* yang akan menangani proses penalaran menggunakan *forward chaining*, serta perancangan antarmuka pengguna yang memudahkan input gejala dan menampilkan hasil diagnosis.

3.1.3 Implementation

Pada tahap implementation, proses pengkodean sistem sesuai rancangan. Basis pengetahuan diimplementasikan dalam bentuk struktur data yang menyimpan fakta dan aturan, mesin inferensi *forward chaining* dikembangkan untuk mencocokkan fakta dengan aturan yang relevan, dan antarmuka pengguna dibangun agar mudah digunakan oleh pengguna awam.

3.1.4 Verification

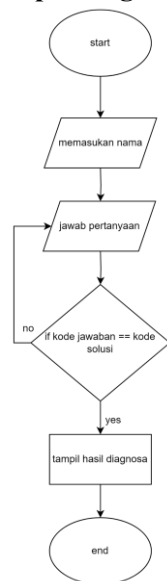
Pada tahap ini, dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh modul bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dalam dua level, yaitu pengujian unit untuk masing-masing komponen dan pengujian integrasi untuk memastikan keseluruhan sistem berjalan dengan benar. Selain itu, dilakukan validasi hasil diagnosis dengan membandingkan output sistem terhadap data nyata atau pendapat pakar.

3.1.5 Maintenance

Tahap terakhir adalah pemeliharaan sistem yang meliputi pembaruan basis pengetahuan jika ditemukan jenis kerusakan baru, penyempurnaan aturan jika ada ketidaksesuaian, serta perbaikan bug dan peningkatan performa sistem agar tetap akurat dan efisien dalam mendiagnosis masalah pada router.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Penerapan Algoritma



Gambar 2. Alur Proses Penerapan Algoritma

Berdasarkan Gambar 2 algoritma sistem pakar diawali dengan pengguna memasukkan nama, setelah itu menjawab pertanyaan. Setelah menjawab pertanyaan maka terdapat pemrosesan fakta untuk menampilkan kesimpulan.

Pengumpulan data berdasarkan studi pustaka dan pengalaman penulis, didapatkan jenis gejala yang menjadi pertanyaan atau fakta fakta yang terdapat pada Tabel 1. dan Tabel 2 di bawah ini berisikan solusi berdasarkan fakta - fakta yang dimasukan oleh pengguna berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Gejala

KODE	JENIS GEJALA
M1	Apakah anda menggunakan <i>router</i> ?
M2	Apakah jenis <i>router</i> anda <i>Router Hardware</i> ?
M2-B	Apakah anda dapat terhubung ke <i>router</i> ?
M3	Apakah <i>router</i> anda terdapat koneksi internet?
M4	Apakah koneksi internet stabil?
M5	Apakah dapat mengakses antarmuka <i>router</i> ?

M6	Apakah lampu indikator <i>router</i> menyala?
----	---

Tabel 2. Jenis Kerusakan

KODE	JENIS KERUSAKAN
S1	Kabel <i>Internet</i>
S2	Lupa SSID atau <i>password</i> SSID
S3	Apakah anda dapat terhubung ke <i>router</i> ?
S4	Apakah <i>router</i> anda terdapat koneksi internet?
S5	Apakah koneksi internet stabil?

4.2 Rule Pakar

Aturan - aturan yang digunakan berdasarkan pakar pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

4.2.1 Rule 1:

Jika

Menggunakan *Router*
Jenis *router* hardware
Tidak dapat terhubung ke *router*

Maka diagnosa
kerusakannya adalah
Lupa SSID atau
Password SSID

4.2.2 Rule 2:

Jika

Menggunakan *Router*
Jenis *router hardware*
Dapat terhubung ke *router*

Tidak terdapat koneksi internet

Maka diagnosa
kerusakannya adalah
Kabel Internet

4.2.3 Rule 3

Jika

Menggunakan *Router*
Jenis *router hardware*
Dapat terhubung ke *router*

Terdapat koneksi internet
Koneksi internet tidak stabil

Maka diagnosa

kerusakannya adalah Kabel Internet.

4.2.4 Rule 4
Jika Menggunakan Router Jenis *router hardware* Dapat terhubung ke router Terdapat koneksi internet Koneksi internet stabil Tidak dapat mengakses antarmuka router Maka diagnosa kerusakannya adalah Username dan Password router.

4.2.5 Rule 5
Jika Menggunakan Router Jenis *router hardware* Dapat terhubung ke router Terdapat koneksi internet Koneksi internet stabil Dapat mengakses antarmuka router Indikator lampu router tidak menyala Maka diagnosa kerusakannya adalah Daya Router.

4.2.6 Rule 6
Jika Menggunakan Router Jenis *router hardware* Dapat terhubung ke router Terdapat koneksi internet Koneksi internet stabil Dapat mengakses antarmuka router Indikator lampu router menyala Maka diagnosa kerusakannya adalah tidak ada permasalahan.

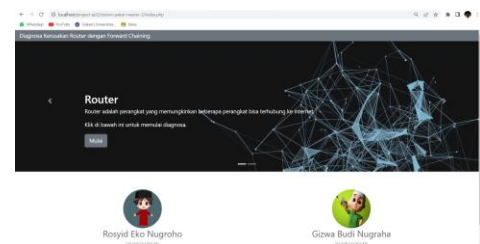
Rule diujikan berdasarkan dengan rule pakar yang sudah dibuat menggunakan metode *alpha testing* yang diujikan langsung secara internal untuk membuktikan bahwa algoritma yang dijalankan sudah sesuai dengan yang sudah dirancang.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rule

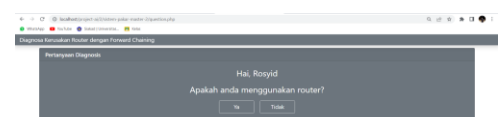
Pengujian	Jenis Rule	Hasil
1	Rule 1	Valid
2	Rule 2	Valid
3	Rule 3	Valid
4	Rule 4	Valid
5	Rule 5	Valid
6	Rule 6	Valid

4.4 User Interface

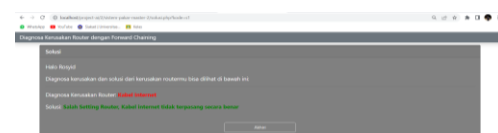
/User interface pada website yang digunakan untuk melakukan diagnosa kerusakan router dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. User Interface Beranda Web



Gambar 4. User Interface Pertanyaan



Gambar 5. User Interface Solusi

4.3 Pengujian Rule

5. KESIMPULAN

- a. Model sistem pakar berbasis metode *forward chaining* yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan kinerja yang baik dalam mengidentifikasi jenis kerusakan pada *router* berdasarkan gejala-gejala yang diinput oleh pengguna. Sistem ini mampu melakukan inferensi secara bertahap dari fakta menuju kesimpulan, dan hasil pengujian menunjukkan bahwa aturan (*rule*) yang digunakan telah berjalan dengan semestinya serta menghasilkan diagnosis yang akurat.
- b. Implementasi sistem pakar telah diwujudkan dalam bentuk website dengan tampilan dashboard dan halaman hasil diagnosis, yang memungkinkan pengguna untuk memperoleh informasi kerusakan *router* berdasarkan pertanyaan gejala yang mereka jawab. Hal ini membantu pengguna melakukan identifikasi dan pengambilan keputusan perbaikan dengan lebih cepat dan efisien, tanpa perlu memiliki keahlian teknis yang mendalam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. R. P. Amalia and Mahyuddin, "Perancangan Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Tingkat Stress Belajar pada Siswa SMA dengan Menggunakan Metode Forward Chaining," *Design Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 38–54, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.58477/dj.v1i1.27>.
- [2] "Metode Waterfall: Pengertian, Sejarah, Tahapan, Dan Kelebihan," Dec. 29, 2020. <https://www.sekawanmedia.co.id/blog/metode-waterfall/>.
- [3] "Metode Waterfall: Pengertian, Tahapan, Kekurangan dan Kelebihan," Jul. 22, 2022. <https://bsi.today/metode-waterfall/>.
- [4] "View of PENERAPAN FORWARD CHAINING DALAM SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSIS PENYAKIT PADA ANAK," Ubpkarawang.ac.id, 2025. <https://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/TeknikInformatikaSistemInfor/article/view/7/7>
- [5] L. M. Y. YENI, "Perancangan Sistem Pakar Untuk Membantu Penyidikan Dalam Menentukan Dasar Hukum Kejahatan Harta Kekayaan Dengan Basis Aturan Dan Metode Forward Chaining," PDF, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. Accessed: May 28, 2023. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/42555/1/2215206712-Master-Thesis.pdf>.
- [6] Juwanto and A. Syaripudin, "SISTEM PAKAR DENGAN METODE FORWARD CHAINING UNTUK DIAGNOSA GEJALA COVID-19," *journal.mediapublikasi.id*, May 5 AD. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/okta>
- [7] A. Nuryana, P. Pawito, and P. Utari, "PENGANTAR METODE PENELITIAN KEPADA SUATU PENGERTIAN YANG MENDALAM MENGENAI KONSEP FENOMENOLOGI," *ENSAINS JOURNAL*, vol. 2, no. 1, p. 19, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.31848/ensains.v2i1.148>.
- [8] R. Rizky, A. H. Wibowo, Z. Hakim, and L. Sujai, "Sistem Pakar diagnosis kerusakan jaringan local area network (LAN) Menggunakan metode forward chaining," *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA UNIS*, vol. 7, no. 2, pp. 145–152, 2020. doi:10.33592/jutis.v7i2.396.
- [9] S. Suminten and R. Rani, "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Laptop Menggunakan Metode Forward Chaining," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 2, no. 3, Sep. 2018, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v2i3.468>.
- [10] Y. Wendra, S. Safaria, and R. Rahim, "SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSIS PENYAKIT AUTOIMUN MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING," *JURNAL TEKNI*, vol. 4, no. 2, pp. 34–39.
- [11] F. Suyantoputri, F. Suyantoputri, Y. Umaidah, and R. Mayasari, "SISTEM PAKAR MENDIAGNOSA PENYAKIT GIGI MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING BERBASIS WEBSITE," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5743>
- [12] Muhammad Zikri Ramadhan and Muhammad Sabir Ramadhan, "FORWARD CHAINING PADA SISTEM PAKAR UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN JARINGAN KOMPUTER," *JUTSI: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 215–224, 2023, doi: <https://doi.org/10.33330/jutsi.v3i3.2852>.

- [13] N. S. Fajrina, M. A. Nurdianto, M. S. Zahran, and A. P. Sari, "View of Penerapan Sistem Pakar untuk Diagnosis Awal Penyakit Pernapasan Kronis pada Manusia," *Unw.ac.id*, 2025. <https://jurnal.unw.ac.id/index.php/jamastika/article/view/3366/2385>
- [14] R. Indrawan and A. Paramita, "Rancang Bangun Sistem Pakar untuk Diagnosa Kerusakan Komputer Menggunakan Metode Forward Chaining," *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 9, no. 1, pp. 238–244, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.30998/semnasristek.v9i1.7500>