

Sistem Cerdas Pendeteksi Penyakit dengan Gejala Lower Back Pain Menggunakan Algoritma Forward Chaining

Sigit Andriyanto¹, Susilo Setiawan¹, Habib Kurniawan Mubarokh¹, Muhammad Daffa Dzaki Ramadhan¹

¹Program Studi Rekam Medis dan Informasi Kesehatan, Universitas Aisyah Pringsewu, Indonesia.

Artikel Info

Kata Kunci:

Diagnosis Penyakit;
Dukungan Keputusan Medis;
Forward Chaining;
Lower Back Pain;
Sistem Cerdas.

Keywords:

Disease Diagnosis;
Medical Decision Support;
Forward Chaining;
Lower Back Pain;
Intelligent Systems.

Riwayat Artikel:

Submitted: 30 Oktober 2025
Accepted: 30 November 2025
Published: 30 November 2025

Abstrak: Nyeri Punggung Bawah (Lower Back Pain/LBP) kini telah menjelma menjadi tantangan kesehatan masyarakat dengan implikasi serius pada aspek sosial dan finansial. Laporan Global Burden of Disease mengungkapkan bahwa LBP merupakan faktor utama penyebab kecacatan dan penurunan efisiensi kerja di banyak negara, tidak terkecuali Indonesia. Dalam konteks penanganan LBP, pendekatan forward chaining menawarkan kemampuan analitik yang mendalam terhadap sekumpulan manifestasi klinis pasien. Proses ini bekerja melalui tahapan penerimaan berbagai data input mencakup sifat nyeri, pola penyebaran nyeri radikular, elemen pencetus, dan temuan neurologis. Seluruh data ini kemudian diintegrasikan dengan basis pengetahuan yang memuat diagnostik tersistem. Keluaran dari mekanisme ini berupa deteksi beragam kemungkinan penyebab patologi, mencakup kondisi seperti strain otot, HNP (herniasi nukleus pulposus), penyempitan tulang belakang, maupun gangguan degeneratif tulang belakang lainnya. Studi ini berfokus pada perancangan sebuah sistem diagnostik berbasis kecerdasan buatan untuk mendeteksi penyakit dengan indikasi LBP melalui pendekatan bertahap dan eksperimental, dengan mengadopsi metode Research and Development (R&D). Hasil uji coba membuktikan bahwa sistem deteksi gejala nyeri punggung bawah yang mengimplementasikan forward chaining telah berjalan dengan baik. Teknik ini menunjukkan keberhasilan dalam penerapannya dengan capaian tingkat presisi yang sesuai dengan kriteria yang ditentukan.

Abstract: Low Back Pain (LBP) has now become a public health challenge with serious implications for social and financial aspects. The Global Burden of Disease report reveals that LBP is a major cause of disability and reduced work efficiency in many countries, including Indonesia. In the context of LBP management, the forward chaining approach offers in-depth analytical capabilities regarding a patient's set of clinical manifestations. This process works thru stages of receiving various input data, including the nature of the pain, the pattern of radicular pain spread, triggering elements, and neurological findings. All this data is then integrated with a knowledge base containing systematic diagnostics. The output of this mechanism is the detection of various possible causes of pathology, including conditions such as muscle strains, HNP (herniated nucleus pulposus), spinal stenosis, and other degenerative spinal disorders. This study focuses on designing an artificial intelligence-based diagnostic system to detect diseases with LBP indications thru a phased and experimental approach, adopting the Research and Development (R&D) method. The test results prove that the lowerr back pain symptom detection system implementing forward chaining has performed well. This technique demonstrates successful application with a level of precision that meets the specified criteria.

Corresponding Author:

Sigit Andriyanto

Email: sigitandriyanto@aisyahuniversity.ac.id

PENDAHULUAN

Nyeri punggung bawah atau *Lower Back Pain* (LBP) telah menjadi masalah kesehatan global dengan dampak sosio-ekonomi yang signifikan. Berdasarkan data *Global Burden of Disease*, LBP merupakan penyebab utama ketidakmampuan kerja dan disabilitas di berbagai negara (Shokri et al., 2023), termasuk Indonesia. (Muharni & Andriyanto, 2024) Karakteristik kondisi ini yang bersifat multifactorial mulai dari faktor mekanis, degeneratif, hingga neurologis menyebabkan kompleksitas dalam penegakan diagnosis dini. Dalam praktik klinis konvensional, proses identifikasi penyebab LBP sering kali memerlukan waktu yang tidak singkat. (Unhelkar et al., 2018) Pasien biasanya melalui beberapa tahapan konsultasi dan pemeriksaan penunjang sebelum mendapatkan diagnosis yang akurat. Situasi ini menimbulkan konsekuensi berupa delay treatment yang dapat memperburuk kondisi, serta beban biaya kesehatan yang meningkat secara signifikan (Putri et al., 2024). Dalam konteks ini, pengembangan sistem pakar berbasis kecerdasan buatan (AI) menawarkan solusi strategis, khususnya dalam memperkuat proses triase—tahap kritis dalam manajemen pasien yang menentukan urgensi dan arah penanganan lebih lanjut.

Revolusi digital dalam bidang kesehatan menawarkan paradigma baru melalui pengembangan sistem pendukung keputusan medis berbasis kecerdasan buatan. (Trubnikova & Tsagareyshvili, 2021) Sistem ini dirancang untuk mereplikasi kemampuan diagnostik seorang ahli melalui proses penalaran terkomputerisasi. (Rubiyanti, 2023) Dalam konteks LBP, pendekatan ini menjadi solusi strategis mengingat terbatasnya jumlah dokter spesialis orthopedi dan rehabilitasi medis di berbagai daerah. (Manafiazar et al., 2024) Algoritma Forward Chaining dipilih sebagai *engine* penalaran utama dalam sistem ini karena karakteristiknya yang selaras dengan proses diagnostik medis. (Andriyanto & Muharni, 2021) Berbeda dengan pendekatan backward chaining yang berangkat dari hipotesis, forward chaining melakukan inferensi secara progresif dari kumpulan fakta menuju kesimpulan. (Sihombing & Arnomo, 2023) Mekanisme ini mensimulasikan alur pikir klinisi yang mengumpulkan gejala, mengidentifikasi pola, dan menyimpulkan diagnosis berdasarkan akumulasi evidence. (Andriyanto et al., 2025).

Penelitian ini menawarkan beberapa *state of the art* signifikan dalam bidang diagnosis LBP berbasis kecerdasan buatan. Pertama, integrasi algoritma Forward Chaining dengan basis pengetahuan yang dikembangkan melalui kolaborasi langsung dengan spesialis ortopedi, memastikan aturan diagnosis tidak hanya berbasis literatur tetapi juga mengakomodasi pengalaman klinis aktual. Kedua, sistem ini dirancang untuk fokus pada analisis gejala klinis. Ketiga, basis pengetahuan bersifat modular, memungkinkan penambahan penyakit muskuloskeletal baru tanpa mengubah struktur inti system. Keempat, validasi dilakukan dengan menggunakan 50 kasus nyata yang dibandingkan dengan diagnosis ahli. Terakhir, desain antarmuka offline-first dan ringan menjadi solusi inovatif untuk daerah dengan infrastruktur internet terbatas.

Implementasi forward chaining dalam domain LBP memungkinkan sistem untuk melakukan analisis komprehensif terhadap konstelasi gejala yang dilaporkan pasien. (Haryanto et al., 2025) Sistem akan memproses input berupa karakteristik nyeri, distribusi radikular, faktor pencetus, dan temuan neurologis, kemudian mencocokkannya dengan basis pengetahuan yang berisi aturan-aturan diagnostik. (Sari & Purnomo, 2024) Proses ini menghasilkan output berupa identifikasi kemungkinan etiologi, seperti strain otot, HNP, stenosis spinal, atau kondisi degeneratif lainnya. Pengembangan "Sistem Cerdas Pendeteksi Penyakit dengan Gejala Lower Back Pain Menggunakan Algoritma Forward Chaining" ini diharapkan dapat berperan sebagai alat skrining awal yang efektif. (Herliana & Rasyid, 2016) Sistem tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran dokter, melainkan sebagai pendukung keputusan klinis yang dapat mempercepat triase dan merujuk pasien ke tingkat pelayanan yang sesuai. (Muharni et al., 2021) Dengan demikian, sistem ini berkontribusi dalam optimasi rantai

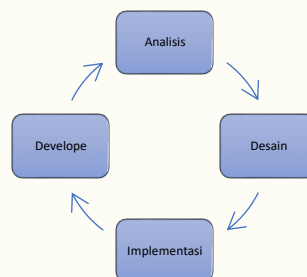
pelayanan kesehatan, peningkatan aksesibilitas, dan penurunan biaya perawatan kesehatan masyarakat. (Muharni & Andriyanto, 2021) Melalui integrasi antara teknologi kecerdasan buatan dan prinsip-prinsip medis, sistem ini merepresentasikan inovasi dalam manajemen LBP yang berorientasi pada efisiensi, akurasi, dan keterjangkauan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sebuah sistem cerdas yang praktis, akurat, dan mudah diakses untuk membantu mendiagnosis penyebab LBP lebih cepat dan efisien, terutama dalam konteks keterbatasan sumber daya, dengan menggunakan pendekatan *Forward Chaining* yang meniru logika diagnosis medis.

METODE

Penelitian ini mengadopsi metodologi *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan iteratif-eksperimental, dirancang untuk mengembangkan sistem cerdas pendeteksi penyakit dengan gejala *Lower Back Pain* (LBP) dengan menggunakan metode *Forward Chaining* yang terintegrasi parameter dinamis. Tahapan R&D dalam penelitian ini mengikuti pendekatan iteratif-eksperimental yang sistematis, dimulai dari studi literatur dan analisis kebutuhan untuk merumuskan spesifikasi sistem. Selanjutnya, basis pengetahuan dikembangkan melalui integrasi literatur medis dan wawancara dengan spesialis ortopedi, kemudian direpresentasikan dalam aturan IF-THEN. Tahap intinya adalah implementasi algoritma *Forward Chaining* sebagai mesin inferensi, diikuti oleh pembangunan antarmuka pengguna yang offline-first dan ringan. Sistem kemudian divalidasi menggunakan 50 kasus nyata dengan membandingkan hasil diagnosis sistem terhadap diagnosis ahli, menargetkan akurasi >85%. Berdasarkan hasil validasi, dilakukan optimasi dan uji lapangan terbatas untuk penyempurnaan. Tahap akhir adalah diseminasi melalui publikasi ilmiah di jurnal terakreditasi serta persiapan untuk replikasi dan ekspansi sistem ke kondisi muskuloskeletal lainnya.

Berikut detail metode, diagram alir, dan tahapan capaian. Tahapan dari penelitian ini secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Analisis.

Pada tahap analisis ini menggunakan metode OOAD (*Object Oriented Analysis Design*), pada tahapan ini analisis yang digunakan peneliti yaitu membuat alur kerja sistem yang berjalan, mengidentifikasi masalah, membuat uraian singkat sistem yang diusulkan dan merancang menggunakan *tool* UML.

Desain.

Perancangan usecase diagram sistem cerdas mendiagnosa gejala *lower back pain*. Untuk perancangan hak akses pengguna yang menggunakan metode *forward chaining* untuk mendiagnosa gejala *lower back pain* adalah admin dan user. admin mempunyai tugas sebagai berikut. Admin yang mempunyai kewenangan melihat data solusi, memberikan jawaban sesuai rule yang ada di sistem, dan dapat melihat hasil perediksi diagnosa gejala *lower back pain*. Sedangkan user mempunyai hak akses sebagai konsultasi beberapa pertanyaan tentang mendiagnosa gejala *lower back pain*, dan dapat melihat hasil perhitungan sistem cerdas mendiagnosa gejala *lower back pain*.

Implementasi

Dengan basis pengetahuan yang telah dikembangkan, algoritma forward chaining diimplementasikan. Algoritma ini akan membantu sistem dalam menarik kesimpulan berdasarkan aturan yang telah ditetapkan dan data yang ada.

Develope

Setelah algoritma diimplementasikan, langkah selanjutnya adalah membangun antarmuka pengguna. Antarmuka ini harus intuitif dan mudah digunakan agar pengguna dapat berinteraksi dengan sistem dengan efektif.

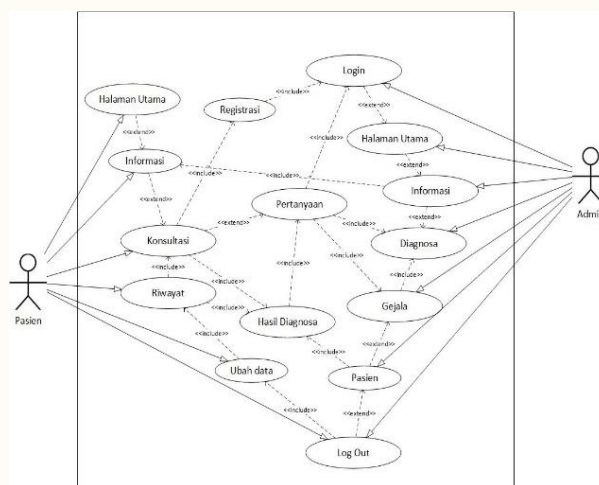
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis

Untuk pemecahan masalah dalam suatu sistem maka diperlukan adanya analisis sistem lama. Sistem lama dalam mendiagnosa gejala *lower back pain* ini belum menggunakan *software* komputer yaitu diagnosa langsung dengan para dokter umum. Untuk mendiagnosa dengan para dokter maka penderita harus mendatangi langsung ke rumah sakit untuk melakukan diagnosa, maka akan memerlukan biaya yang besar pula. Dalam sistem yang diusul meliputi perancangan program, sistem yang diusulkan akan diterapkan pada Rumah Sakit meliputi Pembuatan hak akses admin dan pasien. Hak akses pada admin diagnosa gejala *lower back pain* meliputi *input* pengetahuan tentang kriteria gejala, penyakit dan solusi dari penyakit gangguan gejala *lower back pain*. Mempersiapkan pertanyaan untuk halaman pasien, data pasien yang mengunjungi halaman web “sistem cerdas pendeteksi gejala *lower back pain*” dan setting admin yang mengubah daftar yang terbilang diatas. Hak akses bagi pasien meliputi sebagai berikut hak akses yang dapat dilakukan pasien dapat mengunjungi halaman utama, konsultasi yang merangkum tentang pertanyaan dan daftar riwayat konsultasi namun sebelum melakukan konsultasi diharapkan pasien registrasi dan *login* ulang untuk mendapatkan hak akses konsultasi yang memberikan beberapa pertanyaan, selanjutnya proses pernyaaan akan di eksekusi menggunakan metode Forward Chaining.

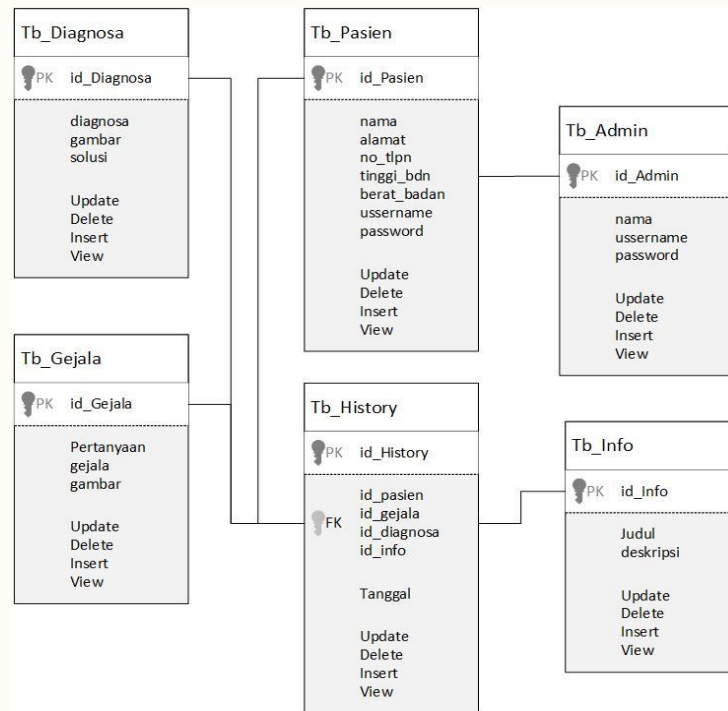
Desain

Proses dari sistem ini dimodelkan dengan menggunakan diagram use case untuk mengetahui proses yang terjadi pada aktivitas sistem informasi dan dapat mengetahui fungsi yang digunakan oleh sistem aliran proses dalam penerapan metode Forward Chaining ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Usecase diagram sistem cerdas pendeteksi gejala lower back pain

Class diagram menggambarkan struktur sistem dari segi pendefinisian kelas-kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem, Kelas yang dibuat memiliki atribut dan metode (operasi). Class diagram dibuat agar antara dokumentasi perancangan dan sistem yang akan dibuat nanti bisa sinkron. Rancangan class diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Class diagram sistem cerdas pendeteksi gejala lower back pain

Implementasi

Untuk menghasilkan sistem yang baik diperlukan pembuatan basis pengetahuan dan basis aturan yang lengkap dan baik agar proses yang dikerjakan sistem agar bekerja dengan baik dan benar sesuai dengan yang diharapkan, berikut adalah rule forward chaining sistem cerdas pendeteksi gejala lower back pain.

Tabel 1. Aturan Forward Chaining

No	Aturan	Skenario
1	R1	IF nyeri <i>terlokalisir</i> di punggung bawah AND tidak ada nyeri yang menjalar THEN strain otot
2	R2	IF nyeri menjalar ke kaki AND ada sensasi kesemutan atau baal THEN kompresi saraf (misalnya HNP).
3	R3	IF nyeri memburuk dengan duduk AND membaik dengan berdiri atau berjalan THEN <i>stenosis spinal</i> .
4	R4	IF nyeri setelah mengangkat beban berat AND nyeri tiba-tiba THEN strain akut.
5	R5	IF ada riwayat trauma (kecelakaan, jatuh) THEN fraktur atau trauma.
6	R6	IF demam AND nyeri punggung bawah THEN infeksi (misalnya <i>osteomyelitis</i>).
7	R7	IF usia > 50 tahun AND nyeri punggung bawah kronis THEN pertimbangkan degeneratif (<i>osteoarthritis, stenosis</i>).
8	R8	IF nyeri pagi hari AND kaku pada punggung yang membaik dengan gerakan THEN <i>ankylosing spondylitis</i> .
9	R9	IF nyeri yang membaik dengan berbaring AND memburuk dengan berjalan atau berdiri THEN spondylolisthesis.
10	R10	IF ada kelemahan pada kaki AND gangguan berkemih atau buang air besar THEN <i>cauda equina syndrome</i> (darurat).

Develop

1. Pada halaman implementasi pasien, pasien akan disajikan halaman utama pasien sistem akan menampilkan halaman utama pasien yang bisa diakses oleh pasien.



Gambar 4. Halaman utama user pasien

2. Pada halaman informasi sistem akan menampilkan halaman informasi tentang gejala *lower back pain* yang bisa diakses oleh pasien.

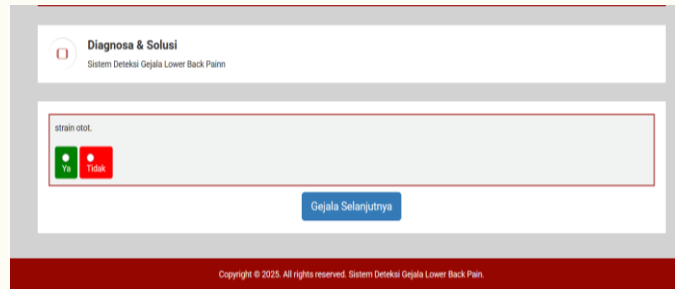


Gambar 5. Halaman informasi user pasien

3. Pada halaman daftar akun sistem akan menampilkan halaman pendaftaran atau registrasi akun yang bisa diakses oleh pasien sebelum melakukan konsultasi.

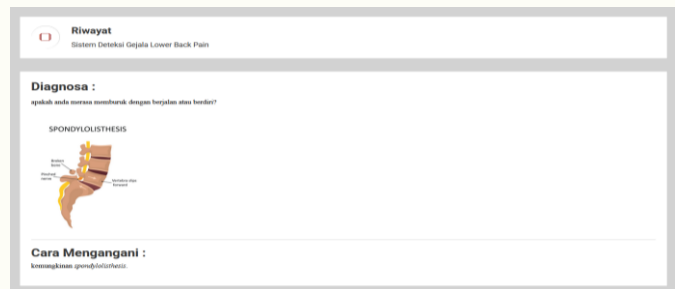
Gambar 6. Halaman Registrasi User Pasien

4. Pada halaman konsultasi pasien sistem akan menampilkan halaman konsultasi yang bisa diakses oleh pasien setelah melakukan daftar akun selanjutnya sistem akan menampilkan daftar pertanyaan yang harus dijawab oleh pasien.



Gambar 7. Halaman konsultasi user pasien

5. Pada halaman hasil konsultasi pasien sistem akan menampilkan halaman hasil konsultasi yang bisa diakses oleh pasien setelah melakukan daftar akun selanjutnya sistem akan menampilkan daftar pertanyaan yang harus dijawab oleh pasien selanjutnya menampilkan hasil diagnosa. Pada halaman riwayat konsultasi pasien sistem akan menampilkan halaman riwayat konsultasi yang bisa diakses oleh pasien. Pasien dapat melihat hasil konsultasi beberapa hari yang lalu. Pada halaman ubah data pasien sistem akan menampilkan halaman ubah data yang bisa diakses oleh pasien. Pasien dapat mengubah data diri pasien jika data yang di input-kan tidak sesuai dengan data diri



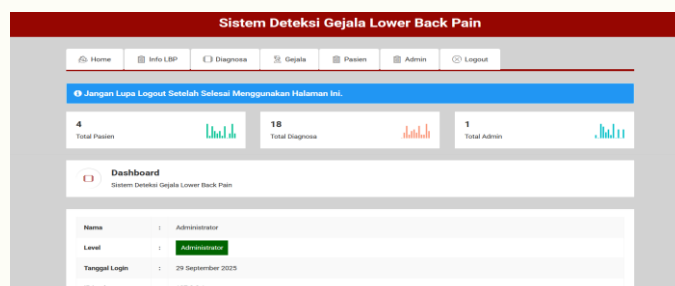
Gambar 8. Halaman hasil user pasien

6. Pada halaman implementasi admin, admin akan disajikan halaman login ,sistem akan menampilkan halaman login yang bisa diakses oleh admin. admin mendapatkan hak akses sebelum melakukan input, edit, hapus data.



Gambar 9. Halaman login user admin

7. Pada halaman utama admin sistem akan menampilkan halaman utama pasien yang bisa diakses oleh admin.



Gambar 11. Halaman utama user admin

8. Pada halaman informasi penyakit sistem akan menampilkan halaman informasi penyakit yang bisa diakses oleh admin. Admin dapat mengubah data informasi penyakit.



Gambar 12. Halaman informasi user admin

9. Pada halaman diagnosa sistem akan menampilkan halaman diagnosa yang bisa diakses oleh admin. Admin dapat mengubah data diagnosa penyakit.



Gambar 13. Halaman diagnosa user admin

10. Pada halaman gejala sistem akan menampilkan halaman gejala yang bisa diakses oleh admin. Admin dapat mengubah data gejala penyakit.



Gambar 14. Halaman gejala user admin

11. Pada halaman pasien sistem akan menampilkan halaman pasien yang bisa diakses oleh admin. Admin dapat mengubah data hak akses yang diberikan oleh admin.



Gambar 15. Halaman hak akses pasien user admin

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah sistem pendukung keputusan medis yang inovatif dan aplikatif untuk mengatasi tantangan diagnosis dini *Lower Back Pain* (LBP). Sistem ini dirancang sebagai solusi cerdas berbasis algoritma *Forward Chaining* yang mampu meniru alur penalaran klinisi dengan menganalisis konstelasi gejala pasien secara progresif menuju suatu kesimpulan diagnostik. Keunggulan dan kebaruan utamanya terletak pada basis pengetahuan modular yang dikembangkan melalui kolaborasi langsung dengan spesialis ortopedi, memastikan aturan klinis yang akurat dan terkini untuk 5-7 penyakit LBP umum. Penelitian mengadopsi metodologi *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan iteratif-eksperimental, yang tahapannya meliputi pengumpulan kebutuhan, pembangunan basis pengetahuan dan algoritma, pengembangan antarmuka, hingga validasi ketat menggunakan 50 kasus nyata. Dengan desain offline-first dan ringan, sistem ini secara strategis menjawab masalah keterbatasan akses ke tenaga spesialis dan infrastruktur internet di daerah terpencil. Luaran yang ditargetkan adalah prototipe sistem fungsional dengan akurasi di atas 85% dan publikasi ilmiah di jurnal terakreditasi. Pada akhirnya, sistem ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran dokter, melainkan berfungsi sebagai alat skrining awal yang dapat mempercepat triase, mengurangi kesalahan interpretasi, dan mengoptimalkan rantai pelayanan kesehatan, sehingga berkontribusi pada peningkatan efisiensi, akurasi, dan keterjangkauan penanganan LBP di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, S., & Muharni, S. (2021). Sistem Pendeteksi Kerusakan Keyboard Arranger Berbasis Artificial Intelligence (AI). *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 1, 12–28.
- Andriyanto, S., Muharni, S., Nugroho, T. A., Al Farisi, M. F., Dzaki, M. D., & Irnanda, I. (2025). Inovasi Pelayanan Kesehatan Berbasis Digital melalui Pelatihan SIRS Versi 6.3 untuk Peningkatan Akurasi Data Medis. *Journal of Digital Community Services*, 2(2), 36–41. <https://doi.org/10.69693/dcs.v2i2.34>
- Haryanto, D., Sarumaha, D., & Amir, S. (2025). Perancangan Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Gigi Dan Mulut Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web Pada Tahap Pertama. *Journal Of Informatics And Busines*, 2(4), 581–597. <https://doi.org/10.47233/jibs.v2i4.2352>
- Herliana, A., & Rasyid, P. M. (2016). Sistem Informasi Monitoring Pengembangan Software Pada Tahap Development Berbasis Web. *Jurnal Informatika*, 3(1).
- Manafiazar, A., Khomehchiyan, M., Nadiri, A. A., & Sharifikia, M. (2024). Learning Simple Additive Weighting Parameters For Subsidence Vulnerability Indices In Tehran Plain (Iran) By Artificial Intelligence Methods. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 28(1), 108–127. <https://doi.org/10.1080/19648189.2023.2205914>
- Muharni, S., & Andriyanto, S. (2021). Sistem Diagnosa Penyakit Jantung Berbasis Case Based Reasoning (CBR). *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 1, 1–11.
- Muharni, S., & Andriyanto, S. (2024). Meningkatkan Daya Tarik Konsumen Melalui Re-Branding UMKM Kain Perca Banjarsari Metro Utara. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 2(1), 204–210. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v2i1.797>

- Muharni, S., (2021). *Analisa dan Perancangan Sistem Informasi: Bintang Pustaka*. Bintang Pustaka Madani.
- Putri, N. A., Siregar, M., Perwitasari, I. D., & Mayasari, S. (2024). Sistem Pakar Diagnostik Penyakit Pohon Aren dengan Pendekatan Certainty Factor. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 1789–1799. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14256>
- Rubiyanti, N. S. (2023). Penerapan Rekam Medis Elektronik di Rumah Sakit di Indonesia: Kajian Yuridis. *ALADALAH: Jurnal Politik, Sosial, Hukum Dan Humaniora*, 1(1), 179–187. <https://doi.org/10.59246/aladalah.v1i1.163>
- Sari, P. N., & Purnomo, A. S. (2024). Sistem Pakar Diagnosa Infeksi Virus Pada Kucing Menggunakan Metode Certainty Factor. *Informatics and Artificial Intelligence Journal*, 1(2), 49–58.
- Shokri, P., Zahmatyar, M., Falah Tafti, M., Fathy, M., Rezaei Tolzali, M., Ghaffari Jolfayi, A., Nejadghaderi, S. A., Sullman, M. J. M., Kolahi, A., & Safiri, S. (2023). Non-Spinal Low Back Pain: Global Epidemiology, Trends, And Risk Factors. *Health Science Reports*, 6(9), e1533. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1533>
- Sihombing, R., & Arnomo, S. A. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Pelayanan Restoran Hotel Berbasis Web Dengan Framework Codeigniter. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 9(2). <https://doi.org/10.33884/comasiejournal.v9i2.7619>
- Trubnikova, N., & Tsagareyshvili, S. (2021). Digital challenges for creative industries: case of opera. *SHS Web of Conferences*, 114, 1008. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202111401008>
- Unhelkar, V. V., Lasota, P. A., Tyroller, Q., Buhai, R.-D., Marceau, L., Deml, B., & Shah, J. A. (2018). Human-Aware Robotic Assistant For Collaborative Assembly: Integrating Human Motion Prediction With Planning In Time. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 2394–2401. <https://doi.org/10.1109/LRA.2018.2812906>