

Implementasi fuzzy mamdani dan saw pada sistem pakar deteksi gangguan neurologis

Muhammad Harits Firdaus¹, Muhammad Ikhsan Thohir², Alun Sujjada³

Email: ¹muhammad.harits_ti21@nusaputra.ac.id, ²ikhsan.thohir@nusaputra.ac.id, ³alun.sujjada@nusaputra.ac.id

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra

Diterima: 04 September 2025 | Direvisi: 30 November 2025 | Disetujui: 11 Desember 2025

©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Abstrak

Gangguan neurologis seperti *low back pain*, vertigo, *stroke iskemik*, epilepsi, dan neuropati perifer memengaruhi sistem saraf pusat maupun tepi serta berpotensi menurunkan kualitas hidup hingga berakibat fatal bila tidak dideteksi dini. Di Indonesia, tingginya prevalensi belum diimbangi dengan akses diagnosis awal karena keterbatasan tenaga medis, biaya, dan waktu tunggu. Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk deteksi dini lima gangguan neurologis dengan metode *Fuzzy Mamdani* sebagai inferensi dan *Simple Additive Weighting (SAW)* untuk perankingan gejala. Proses diagnosis meliputi fuzzifikasi, evaluasi aturan, agregasi, *defuzzifikasi centroid*, dan perhitungan SAW. Sistem diuji melalui black box testing dan evaluasi akurasi menggunakan *MAE*, *RMSE*, dan *F1 Score*. Hasil menunjukkan nilai *MAE* 2,8%, *RMSE* 2,83%, dan *F1 Score* 0,75, yang membuktikan sistem akurat, konsisten dengan perhitungan manual, dan mudah digunakan. Dengan antarmuka yang ramah pengguna, sistem ini berpotensi menjadi sarana pre-diagnosis yang meningkatkan kesadaran masyarakat serta mendukung tenaga medis dalam pengambilan keputusan.

Kata kunci: sistem pakar, fuzzy Mamdani, SAW, gangguan neurologis, diagnosis dini

Implementation of fuzzy mamdani and saw in an expert system for detecting neurological disorders

Abstract

Neurological disorders such as low back pain, vertigo, ischemic stroke, epilepsy, and peripheral neuropathy affect the central and peripheral nervous systems and have the potential to reduce quality of life and be fatal if not detected early. In Indonesia, the high prevalence is not balanced with access to early diagnosis due to limited medical personnel, costs, and waiting times. This study developed a web-based expert system for early detection of five neurological disorders using the Mamdani Fuzzy Method for inference and Simple Additive Weighting (SAW) for symptom ranking. The diagnosis process includes fuzzification, rule evaluation, aggregation, centroid defuzzification, and SAW calculation. The system was tested through black box testing and accuracy evaluation using MAE, RMSE, and F1 Score. The results showed an MAE value of 2.8%, RMSE 2.83%, and F1 Score 0.75, which proves the system is accurate, consistent with manual calculations, and easy to use. With a user-friendly interface, this system has the potential to be a pre-diagnosis tool that increases public awareness and supports medical personnel in decision-making.

Keywords: expert system, fuzzy Mamdani, SAW, neurological disorders, early diagnosis

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah memberikan dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk kesehatan. Salah satu penerapannya adalah sistem pakar (*expert system*), yaitu sistem komputer yang meniru cara berpikir pakar untuk memecahkan masalah tertentu. Dalam dunia medis, sistem pakar dimanfaatkan untuk membantu proses diagnosis penyakit, termasuk gangguan neurologis yang membutuhkan keahlian khusus dan prosedur diagnosis yang kompleks.

Gangguan neurologis merupakan penyakit yang memengaruhi sistem saraf pusat maupun tepi, seperti otak, sumsum tulang belakang, serta jaringan saraf tubuh. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan serius pada fungsi tubuh bahkan berujung fatal jika tidak ditangani dengan cepat. Sistem saraf pusat sendiri memiliki peran vital dalam menerima dan memproses informasi dari seluruh tubuh, sehingga kerusakannya berdampak pada persepsi, emosi, sensasi, hingga pergerakan [1]. Faktor pemicu gangguan ini beragam, mulai dari cedera fisik, infeksi mikroorganisme, paparan zat kimia, hingga peradangan, sementara gejala awal sering kali diabaikan [2].

Menurut *Global Burden of Disease Study 2021*, sekitar 43,1% populasi dunia atau lebih dari 3,4 miliar orang mengalami gangguan saraf, dengan 11,1 juta kematian dan 443 juta tahun hidup yang hilang akibat disabilitas, menjadikannya penyebab utama penurunan kualitas kesehatan global. Di Indonesia, prevalensinya juga tinggi. Kasus *low back pain* mencapai 60–80% pada populasi umum [3], *stroke iskemik* mencakup 87% dari seluruh kasus stroke [4], vertigo dialami sekitar 15% populasi [5], epilepsi dengan prevalensi 8,2 per 1.000 penduduk atau sekitar 1,8 juta penderita [6], serta neuropati perifer yang lebih dari separuh kasus terjadi pada penderita diabetes melitus [7].

Akses diagnosis neurologis melalui dokter spesialis masih terbatas karena biaya tinggi, jumlah dokter yang sedikit, dan waktu tunggu yang panjang. Kondisi ini menunjukkan perlunya alternatif berupa sistem pakar berbasis web yang mampu membantu deteksi dini secara mandiri, cepat, dan efisien [8]. Metode fuzzy Mamdani dipilih karena mampu menangani ketidakpastian data dengan pendekatan linguistik seperti “ringan”, “sedang”, dan “berat”, serta menghasilkan output diagnosis yang menyerupai cara berpikir pakar [9]. Untuk memperkuat hasil, metode *Simple Additive Weighting (SAW)* digunakan dalam menentukan peringkat kemungkinan penyakit berdasarkan bobot gejala.

Hal ini sejalan dengan penelitian Usnul Latipah et al. (2023) yang berhasil menerapkan fuzzy Mamdani untuk sistem monitoring kualitas air, dimana metode tersebut mampu menghasilkan keputusan yang akurat dan konsisten dengan perhitungan manual [10].

Sejumlah penelitian sebelumnya juga mendukung pendekatan ini. Mayang dan Eviyanti (2021), misalnya, mengembangkan sistem pakar diagnosis awal stroke berbasis fuzzy Mamdani, yang terbukti efektif dalam memberikan rekomendasi medis lebih cepat [11]. Temuan ini menunjukkan bahwa metode fuzzy Mamdani relevan digunakan pada diagnosis penyakit neurologis, khususnya bila dikombinasikan dengan *SAW* untuk menghasilkan perhitungan yang lebih terukur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pakar berbasis web yang mengintegrasikan metode Fuzzy Mamdani dan *SAW* dalam deteksi dini lima gangguan neurologis, yaitu *low back pain*, vertigo, *stroke iskemik*, epilepsi, dan neuropati perifer.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan pendekatan, analisis masalah, dan rancangan solusi yang digunakan untuk mengembangkan sistem pakar diagnosis dini gangguan neurologis berbasis web. Bagian ini juga memaparkan tahapan pengembangan sistem mulai dari pengumpulan data, perancangan, implementasi, hingga pengujian, serta menjelaskan arsitektur sistem, perancangan aturan fuzzy Mamdani, dan pengolahan data menggunakan metode *Simple Additive Weighting (SAW)*. Dengan uraian ini, diharapkan peneliti lain dapat mereproduksi penelitian secara tepat.

2.1. Analisis Masalah

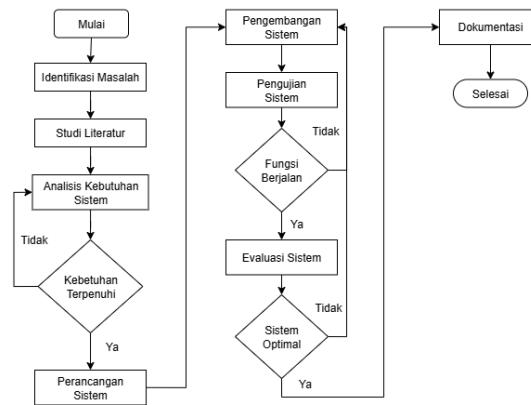
Masalah utama yang diangkat adalah tingginya prevalensi penyakit neurologis seperti *low back pain*, vertigo, *stroke iskemik*, epilepsi, dan neuropati perifer di Indonesia, khususnya di Kota Sukabumi. Hambatan berupa keterbatasan tenaga medis, biaya tinggi, dan waktu tunggu panjang menyebabkan masyarakat sulit memperoleh diagnosis dini yang cepat dan akurat.

Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena mampu meniru pola penalaran pakar dalam kondisi ketidakpastian melalui aturan linguistik seperti “ringan”, “sedang”, dan “berat” [9]. Untuk melengkapi hasil diagnosis, metode *Simple Additive Weighting (SAW)* digunakan dalam memberikan peringkat kemungkinan penyakit berdasarkan bobot gejala.

Pendekatan ini sejalan dengan temuan Yulia Fatma et al. (2022) yang menekankan bahwa sistem pakar dapat mengurangi ketergantungan pada pakar manusia secara langsung, karena pengetahuan pakar ditransfer ke dalam basis pengetahuan komputer sehingga proses diagnosis dapat dilakukan dengan lebih cepat dan konsisten [12].

2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan Agile Development agar pengembangan dapat dilakukan secara iteratif dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna. Tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Tahapan Penelitian

2.3 Data Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui metode studi literatur untuk memperoleh informasi terkait lima jenis penyakit saraf yang menjadi fokus penelitian (*low back pain*, *vertigo*, *stroke iskemik*, *epilepsi*, dan *neuropati perifer*). Data yang dikumpulkan meliputi daftar gejala, dan aturan fuzzy yang digunakan dalam proses inferensi. Selain itu, wawancara dengan pakar neurologi dilakukan untuk memvalidasi kesesuaian data dengan praktik medis aktual, sehingga hasil sistem dapat lebih akurat dan relevan.

Tabel 1. 1 Data Penyakit

Kode Penyakit	Nama Penyakit
P01	<i>Low Back Pain</i>
P02	<i>Vertigo</i>
P03	<i>Stroke Iskemik</i>
P04	<i>Epilepsi</i>
P05	<i>Neuropati Perifer</i>

Tabel 1. 2 Data Gejala

Kode Gejala	Nama Gejala
G01	Sulit berdiri tegak atau berjalan
G02	Nyeri menjalar ke kaki (<i>sciatica</i>)
G03	Nyeri tajam di punggung bawah
G04	Tiba-tiba kehilangan keseimbangan
G05	Gangguan pada telinga dalam
G06	Mual disertai muntah
G07	Pusing berputar
G08	Sakit kepala mendadak
G09	Gangguan penglihatan mendadak
G10	Wajah lumpuh sebelah mendadak
G11	Sulit berbicara mendadak
G12	Lemah pada tangan atau kaki mendadak
G13	Perubahan fisik atau psikis
G14	Tiba-tiba bengong
G15	Kesemutan di tangan atau kaki
G16	Rasa terbakar di tangan atau kaki
G17	Refleks menurun atau otot kaku
G18	Kejang-kejang
G19	Nyeri makin parah saat bangun atau duduk lama
G20	Sulit membungkuk atau angkat beban
G21	Pingsan sesaat
G22	Perubahan perilaku sebelum kejang
G23	Gerakan mata tak terkendali (<i>nystagmus</i>)

Gambar 1. 2 Relasi Gejala Terhadap Penyakit



2.4 Perancangan Aturan Fuzzy Mamdani

Aturan fuzzy Mamdani dibuat berdasarkan kombinasi variabel input (gejala) dan variabel pendukung (usia). Fungsi keanggotaan menggunakan bentuk segitiga dan trapesium untuk kategori ringan, sedang, dan berat.

2.4.1 Variabel Input (Usia)

Variabel usia dibagi menjadi tiga kategori linguistik berdasarkan rentang umur pasien:

1. Muda [0, 0, 29, 39] → Pasien dikategorikan muda jika berusia di bawah 40 tahun, dengan keanggotaan penuh pada rentang 0–29 tahun.

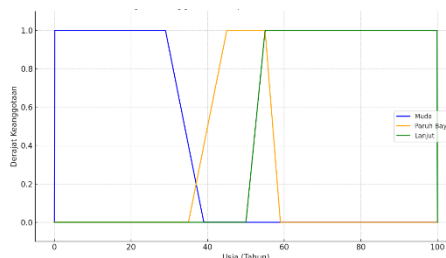
$$\mu_{Muda}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & 0 \leq x \leq 29 \\ \frac{39 - x}{39 - 29}, & 29 < x < 39 \\ 0, & x \geq 39 \end{cases} \quad (1)$$

2. Paruh Baya [35, 45, 55, 59] → Pasien berusia antara 35–59 tahun masuk kategori paruh baya, dengan keanggotaan penuh antara 45–55 tahun.

$$\mu_{ParuhBaya}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 35 \\ \frac{x - 35}{45 - 35}, & 35 < x < 45 \\ 1, & 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{59 - x}{59 - 55}, & 55 < x < 59 \\ 0, & x \geq 59 \end{cases} \quad (2)$$

3. Lanjut [50, 70, 100, 100] → Pasien berusia 55 tahun ke atas diklasifikasikan sebagai lanjut usia, dengan keanggotaan penuh di atas 70 tahun.

$$\mu_{Lanjut}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 50 \\ \frac{x - 50}{70 - 50}, & 50 < x < 70 \\ 1, & 70 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 1. 3 Variabel Usia

Visualisasi ini menggambarkan bagaimana setiap nilai usia memiliki derajat keanggotaan tertentu dalam kategori linguistiknya, yang akan digunakan dalam proses fuzzifikasi pada sistem pakar diagnosis penyakit saraf berbasis fuzzy Mamdani. Kategorisasi usia ini penting karena dalam konteks neurologis, usia merupakan faktor risiko yang signifikan terhadap tingkat keparahan dan kemungkinan penyakit saraf, seperti stroke dan neuropati perifer.

2.4.2 Variabel Output (Diagnosis Penyakit)

Variabel output dalam sistem ini adalah tingkat keyakinan terhadap masing-masing penyakit saraf berdasarkan gejala yang diinputkan. Output juga menggunakan rentang nilai 0–100, dengan tiga kategori linguistik:

- a. Rendah, dengan parameter trapesium [0, 0, 30, 40]

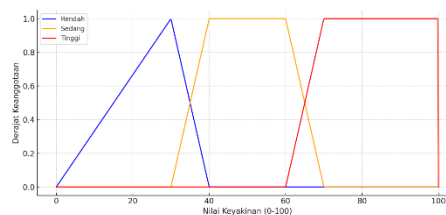
$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{40 - x}{40 - 30}, & 30 < x < 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases} \tag{4}$$

- b. Sedang, dengan parameter trapesium [30, 40, 60, 70]

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \\ \frac{x - 30}{40 - 30}, & 30 < x < 40 \\ 1, & 40 \leq x \leq 60 \\ \frac{70 - x}{70 - 60}, & 60 < x < 70 \\ 0, & x \geq 70 \end{cases} \tag{5}$$

- c. Tinggi, dengan parameter trapesium [60, 70, 100, 100]

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \\ \frac{x - 60}{70 - 60}, & 60 < x < 70 \\ 1, & 70 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases} \tag{6}$$



Gambar 1. 4 Variabel Output

Gambar di atas memperlihatkan fungsi keanggotaan trapesium untuk variabel output (keyakinan diagnosis), sesuai dengan yang digunakan dalam kode fuzzy Mamdani.

- a. Rendah (biru) aktif di rentang 0–40, penuh antara 0–30.
- b. Sedang (oranye) aktif di rentang 30–70, penuh antara 40–60.
- c. Tinggi (merah) aktif dari 60–100, penuh di atas 70.

Output fuzzy ini akan digunakan untuk menentukan seberapa besar kemungkinan seseorang terdiagnosis suatu penyakit berdasarkan kondisi gejalanya.

Proses inferensi dilakukan dengan operator *min* dan *max*, sedangkan defuzzifikasi menggunakan metode centroid.

2.5 Pengolahan Data Menggunakan SAW

Nilai crisp hasil defuzzifikasi fuzzy menjadi input SAW. Proses SAW meliputi

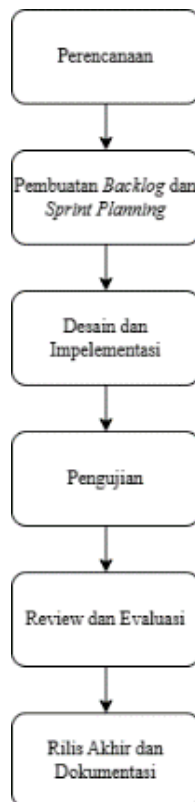
1. Normalisasi matriks keputusan.
2. Perhitungan skor akhir menggunakan bobot preferensi tiap kriteria.
3. Penyakit dengan skor tertinggi ditetapkan sebagai hasil diagnosis utama.

Tabel 1. 3 Contoh Perankingan Menggunakan SAW

Penyakit Dominan	Skor (%)	Ranking
<i>Stroke Iskemik</i>	87.5	1
Neuropati Perifer	86.9	2
Vertigo	84.7	3
<i>Low Back Pain</i>	60.4	4
Epilepsi	58.3	5

2.6. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari antarmuka pengguna, modul diagnosis fuzzy Mamdani, modul perankingan SAW, serta basis data.



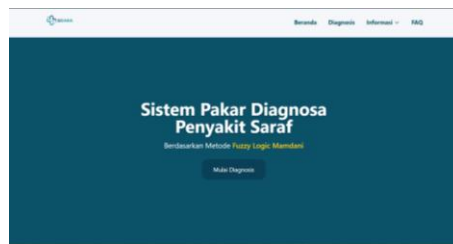
Gambar 1. 5 Pengembangan Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

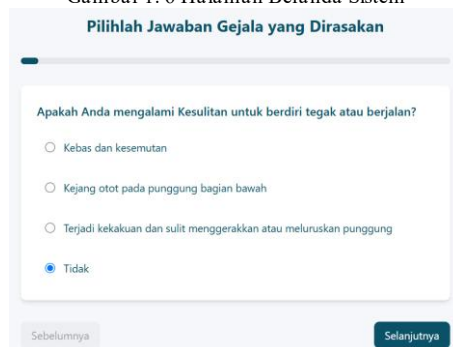
Proses diagnosis memanfaatkan metode fuzzy Mamdani dengan tiga tahap utama yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Berikut adalah lima skenario pasien yang dijadikan sampel pengujian.

3.1. Implementasi Sistem

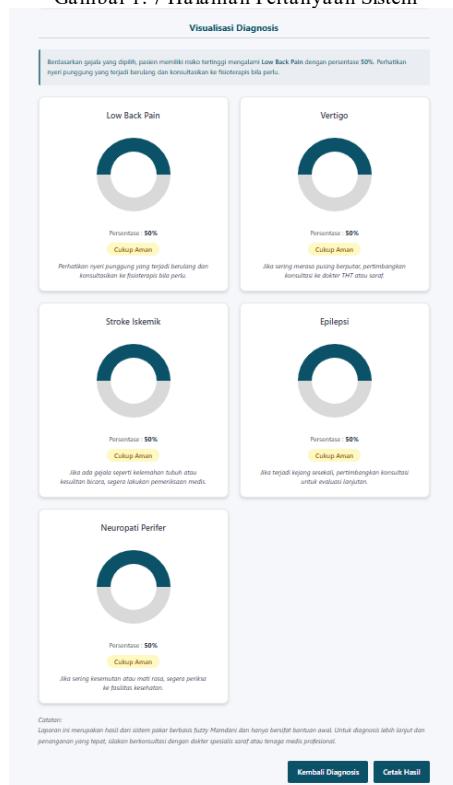
Sistem pakar berbasis web berhasil diimplementasikan untuk mendukung diagnosis lima gangguan neurologis yaitu *low back pain*, *vertigo*, *stroke iskemik*, epilepsi, dan neuropati perifer. Proses diagnosis dimulai dari input gejala dan tingkat keparahan (densitas), dilanjutkan dengan fuzzifikasi, evaluasi aturan, agregasi, defuzzifikasi (*metode centroid*), kemudian hasil crisp diolah menggunakan *Simple Additive Weighting (SAW)* untuk menghasilkan skor akhir dan urutan kemungkinan penyakit.



Gambar 1. 6 Halaman Beranda Sistem



Gambar 1. 7 Halaman Pertanyaan Sistem



Gambar 1. 8 Halaman Hasil Diagnosis

3.2. Evaluasi Kinerja Sistem

1. Evaluasi Fungsi Sistem
Pengujian menunjukkan seluruh fitur utama berjalan sesuai rancangan, meliputi input gejala, pemrosesan fuzzy, perhitungan *SAW*, dan visualisasi hasil diagnosis.
2. Evaluasi Logika Fuzzy Mamdani

Hasil inferensi konsisten dengan perhitungan manual. Aturan fuzzy, fungsi keanggotaan, serta *defuzzifikasi centroid* telah diimplementasikan dengan benar.

3. Evaluasi Usability

Uji coba kepada responden menunjukkan sistem memiliki tampilan sederhana, mudah digunakan, dan informatif, sesuai tujuan untuk masyarakat umum.

4. Evaluasi Akurasi

Akurasi sistem diuji menggunakan tiga metrik

Tabel 1. 4 Akurasi Sistem

Metrik	Nilai	Interpretasi
<i>MAE</i>	2,8%	Kesalahan rata-rata rendah → sistem konsisten dengan manual
<i>RMSE</i>	2,83%	Deviasi kesalahan relatif kecil
<i>F1 Score</i>	0,75	Akurasi tinggi, menjaga keseimbangan precision dan recall

3.3. Penyajian Hasil Diagnosis

Metode *SAW* digunakan untuk memberikan peringkat kemungkinan penyakit. Nilai *crisp* hasil fuzzy dinormalisasi, dibobotkan, lalu dihitung skor akhirnya.

Hasil diagnosis ditampilkan dalam bentuk persentase dan grafik batang, sehingga memudahkan pengguna memahami tingkat kemungkinan penyakit.

3.4 Pengujian *Black Box*

Black box testing dilakukan pada seluruh fitur sistem. Hasilnya, sebagian besar fungsi berjalan dengan baik (misalnya *login*, input gejala, hasil diagnosis, penyimpanan riwayat). Beberapa eror minor ditemukan (misalnya edit profil belum optimal), tetapi tidak memengaruhi proses diagnosis utama.

Tabel 1. 5 Hasil Uji Blackbox

No	Halaman atau Fitur	Skenario Pengujian	Input/Uji Aksi	Output yang Diharapkan	Keterangan
1	Beranda	Mengakses halaman utama	Akses URL root sistem	Menampilkan informasi awal sistem SIDARA	Berhasil
2	Pertanyaan Gejala	Memilih beberapa gejala dan sub gejala	Memilih pilihan sub gejala	Nilai tersimpan, tombol "Lanjut" aktif	Berhasil
3		Tidak memilih gejala sama sekali	Kosong	Muncul notifikasi/peringatan untuk memilih minimal satu gejala	Berhasil
4	Hasil Diagnosis	Menampilkan hasil diagnosis berdasarkan input fuzzy Mamdani	Input densitas berbagai gejala	Output nama penyakit, nilai persentase, dan grafik pie	Berhasil

5		Klik tombol “Cetak PDF”	Tombol diklik	File PDF hasil diagnosis berhasil diunduh	Berhasil
---	--	----------------------------	---------------	---	----------

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Fuzzy Mamdani dan *SAW* efektif dalam diagnosis dini penyakit neurologis.

1. Fuzzy Mamdani menangani ketidakpastian gejala melalui aturan linguistik.
2. *SAW* memberikan penghitungan numerik untuk menentukan prioritas penyakit.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Mayang & Eviyanti (2021) yang menggunakan fuzzy Mamdani untuk diagnosis stroke [11], serta Wardani et al. (2023) yang membuktikan efektivitas *SAW* dalam pengambilan keputusan berbasis bobot [13].

Keunggulan sistem ini adalah aksesibilitas berbasis web dan visualisasi hasil diagnosis yang mudah dipahami. Meskipun demikian, sistem bersifat pre-diagnosis dan tidak menggantikan peran dokter, melainkan sebagai alat bantu untuk meningkatkan kesadaran masyarakat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk diagnosis dini lima jenis gangguan neurologis, yaitu *low back pain*, *vertigo*, *stroke iskemik*, epilepsi, dan neuropati perifer. Sistem ini memungkinkan pengguna melakukan diagnosis awal secara mandiri melalui antarmuka web yang interaktif. Metode Fuzzy Mamdani berhasil diterapkan sebagai inti inferensi dengan mekanisme fuzzifikasi, aturan berbasis fuzzy, dan defuzzifikasi centroid. Evaluasi akurasi menunjukkan nilai *MAE* 2,8%, *RMSE* 2,83%, dan *F1 Score* 0,75, yang membuktikan sistem konsisten dengan perhitungan manual serta memiliki tingkat kesalahan relatif kecil. Penyajian hasil diagnosis diperkaya dengan perankingan menggunakan metode *SAW*, serta ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang mudah dipahami oleh pengguna non-medis. Secara keseluruhan, sistem ini dapat menjadi sarana pre-diagnosis yang cepat, akurat, dan mudah diakses, serta berkontribusi dalam pemanfaatan teknologi informasi untuk deteksi dini penyakit neurologis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Masrukhan, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Sistem Saraf Pusat Pada Manusia Berbasis Android Dengan Menggunakan Metode Forward Chaining," *Appl. Sci. Technol. Reaserch J.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–25, 2022, doi: 10.31316/astro.v1i1.3208.
- [2] N. Sijinjak, "Implementasi Expert System Metode Case Based Reasoning Diagnosa Penyakit Ikan Cupang Berbasis Web," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, 2024, doi: 10.56211/helloworld.v2i4.472.
- [3] K. A. Mastuti and F. Husain, "Gambaran Kejadian Low Back Pain pada Karyawan CV. Pacific Garment," *J. Ilmu Kesehatan. Mandira Cendikia*, vol. 2, no. 8, pp. 297–305, 2023.
- [4] L. Dewi and E. Fitraneti, "Scientific Stroke Iskemik," no. Vol. 3 No. 6 (2024): SCIENA Volume III No 6, November 2024, pp. 379–388, 2024, doi: <https://doi.org/10.56260/sciena.v3i6.173>.
- [5] M. L. Siagian, "Vertigo Pada Lansia Di Posyandu Lansia Bestari Maharani Pondok Benowo Indah Surabaya," *M. Siagian*, 2022, [Online]. Available: jurnal.stikeswilliambooth.ac.id
- [6] P. P. D. Fitriyani and R. W. Januarti, "Diagnosis Dan Tatalaksana Epilepsi," *Meduia*, vol. 13, no. 6, pp. 941–944, 2023.
- [7] M. M. Labib Bima, F. Rahmayani, and H. Mutiara, "Diagnostik, Faktor Risiko, dan Tatalaksana Neuropati Diabetik," *Diagnosis, Fakt. Risiko, dan Tatalaksana Medula*, vol. 13, no. April, p. 59, 2023.
- [8] W. R. Maya, F. A. Saragih, E. Elfitriani, and S. Murniyanti, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Spacelona Fawcetti Jenkins Pada Tanaman Jeruk Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 23, no. 1, 2024, doi: 10.53513/jis.v23i1.9590.
- [9] H. Sirait, E. U. P. Simanihuruk, and R. Tambun, "Elemen Dasar dan Karakteristik Membangun Sistem Pakar," *J. Bisantara Inform.*, vol. 7, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://www.bisantara.amikparbinanusantara.ac.id/index.php/bisantara/article/view/90>
- [10] U. L. Usnul and Zaenal Alamsyah, "Implementasi fuzzy mamdani sebagai pendukung keputusan pada sistem monitoring air layak konsumsi," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 4, no. 1, pp. 15–24, 2023, doi: 10.37859/coscitech.v4i1.4479.
- [11] Sylfanie Sekar Mayang and Ade Eviyanti, "Expert System for Diagnosing Early Symptoms of Stroke Using the Fuzzy Mamdani Method," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.969.
- [12] Y. Fatma, R. Gunawan, and Edi Rian Kartiko, "Sistem pakar kerusakan honda beat street 2021 menggunakan metode forward chaining dan certainty factor," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 3, no. 3, pp. 259–266, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4377.
- [13] B. Prasetyo, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Saraf Motorik Menerapkan Metode Fuzzy Mamdani," *TIN Terap. Inform. Nusant.*, vol. 2, no. 11, 2022, doi: 10.47065/tin.v2i11.1030.