



Integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor pada Sistem Pakar Prediksi Penyakit Jantung

Naza Riski Romah Doni, Hadi Zakaria*

Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ¹nazarizki74@gmail.com, ^{2,*}dosen00274@unpam.ac.id

Email Penulis Korespondensi: dosen00274@unpam.ac.id

Abstrak—Penyakit jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia sehingga diperlukan proses skrining awal yang cepat dan terstruktur untuk mengurangi risiko keterlambatan penanganan. Klinik PT. XYZ masih menghadapi kendala dalam melakukan skrining awal penyakit jantung karena keterbatasan alat pemeriksaan serta proses identifikasi yang masih bergantung pada penilaian tenaga medis. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan integrasi metode Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor pada sistem pakar berbasis web sebagai alat bantu skrining awal penyakit jantung. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah nilai gejala menjadi derajat keanggotaan dan menghasilkan nilai α -predikat melalui proses fuzzifikasi dan inferensi, sedangkan metode Certainty Factor digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan berdasarkan nilai α -predikat dan bobot keyakinan pakar pada setiap aturan. Basis pengetahuan sistem terdiri atas 14 gejala, 3 jenis penyakit jantung, dan 190 aturan yang diperoleh melalui proses akuisisi pengetahuan dengan dokter spesialis jantung. Kontribusi penelitian ini terletak pada implementasi integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor yang menggunakan nilai α -predikat hasil inferensi fuzzy sebagai tingkat aktivasi aturan dan mengombinasikannya dengan CF pakar untuk menghasilkan tingkat keyakinan sistem pada skrining awal penyakit jantung. Pengujian dilakukan menggunakan 30 skenario kasus dan dievaluasi menggunakan confusion matrix. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario berhasil diklasifikasikan sesuai dengan label acuan sehingga diperoleh tingkat kesesuaian sebesar 100% terhadap basis pengetahuan yang digunakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengimplementasikan proses inferensi dan perhitungan tingkat keyakinan secara konsisten sebagai alat bantu skrining awal penyakit jantung, namun tidak dimaksudkan untuk menggantikan diagnosis maupun keputusan klinis dokter.

Kata Kunci: Sistem Pakar; Penyakit Jantung; Fuzzy Mamdani; Certainty Factor

Abstract—Heart disease is a leading cause of death globally; therefore, a rapid and structured initial screening process is essential to minimize the risk of delayed treatment. The PT. XYZ clinic faces challenges in conducting initial heart disease screenings due to limited diagnostic equipment and an identification process that relies heavily on the subjective assessment of medical personnel. This study aims to implement a web-based expert system that integrates the Fuzzy Mamdani method and the Certainty Factor method to assist in the initial screening of heart disease. The Fuzzy Mamdani method processes symptom values into membership degrees and generates alpha-predicate values through fuzzification and inference processes, while the Certainty Factor method calculates the confidence level based on alpha-predicate values and expert-assigned confidence weights for each rule. The system's knowledge base comprises 14 symptoms, three types of heart disease, and 190 rules derived through a knowledge acquisition process with cardiologists. The contribution of this study lies in the implementation of Fuzzy Mamdani and Certainty Factor integration, in which the alpha-predicate value resulting from fuzzy inference is used as the rule activation level and combined with the expert CF to determine the system confidence level for initial heart disease screening. Testing was conducted using 30 case scenarios and evaluated via a confusion matrix. The results demonstrate that all scenarios were successfully classified according to the reference labels, achieving a 100% match rate with the established knowledge base. These findings indicate that the system consistently executes inference and confidence level calculations as a tool for initial heart disease screening, although it is not intended to replace a physician's diagnosis or clinical decision-making.

Keywords: Expert System; Heart Disease; Mamdani Fuzzy; Certainty Factor

1. PENDAHULUAN

Penyakit jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia dan menjadi tantangan besar dalam pelayanan kesehatan (Rabbani et al., 2023). Deteksi atau skrining awal diperlukan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyakit sejak dini sehingga pasien dapat memperoleh penanganan yang lebih cepat dan tepat (Arrosyid et al., 2025). Namun, proses skrining awal masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan tenaga medis spesialis, sarana pemeriksaan penunjang, serta ketidakpastian dalam menginterpretasikan gejala yang disampaikan pasien (Hania et al., 2025). Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi awal penyakit jantung memerlukan suatu sistem yang mampu membantu tenaga medis dalam memberikan rekomendasi secara cepat, konsisten, dan terstruktur (Rinawati et al., 2026).

Klinik PT. XYZ merupakan fasilitas kesehatan perusahaan yang memberikan pelayanan kesehatan kepada karyawan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan dokter spesialis jantung, proses skrining awal penyakit jantung masih dilakukan berdasarkan hasil anamnesis dan penilaian klinis dokter sebelum dilakukan pemeriksaan lanjutan, seperti *elektrokardiografi (EKG)*, *ekokardiografi*, maupun pemeriksaan laboratorium. Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi awal sangat bergantung pada pengalaman tenaga medis sehingga diperlukan suatu sistem pendukung yang dapat membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan gejala yang dialami pasien.

Sistem pakar merupakan salah satu penerapan kecerdasan buatan yang mampu mengadopsi pengetahuan seorang pakar ke dalam suatu sistem komputer sehingga dapat membantu proses konsultasi dan pengambilan keputusan (Pelupessy et al., 2025). Salah satu metode yang banyak digunakan dalam sistem pakar adalah *Certainty Factor (CF)* karena mampu merepresentasikan tingkat keyakinan seorang pakar terhadap suatu aturan berdasarkan kombinasi nilai



kepastian dari pakar (Chasshidi & Putra, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Rinawati et al. (2026) mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit jantung menggunakan metode *Certainty Factor* dan menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis berdasarkan bobot gejala yang diberikan oleh pakar. Namun, penelitian tersebut belum mempertimbangkan variasi intensitas gejala yang diberikan pengguna sehingga setiap gejala hanya diperlakukan sebagai kondisi pasti.

Selain metode *Certainty Factor*, logika *fuzzy* juga banyak diterapkan dalam sistem pakar untuk menangani ketidakpastian nilai gejala (Pratama & Zakaria, 2024). Penelitian oleh Simanjourang et al. (2024) menerapkan *Fuzzy Mamdani* pada sistem pakar diagnosis dini penyakit jantung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut mampu mengubah nilai gejala numerik menjadi variabel linguistik melalui proses *fuzzifikasi* dan inferensi sehingga dapat memberikan hasil diagnosis yang lebih fleksibel dibandingkan pendekatan berbasis nilai tegas (*crisp value*). Akan tetapi, penelitian tersebut belum mengombinasikan hasil inferensi *fuzzy* dengan tingkat keyakinan pakar sehingga sistem belum menghasilkan tingkat kepastian terhadap hasil diagnosis (Simanjourang et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Arifianti et al. (2022) mengembangkan sistem pakar diagnosis kelainan mata menggunakan kombinasi metode *Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor*. Metode *Fuzzy Mamdani* digunakan untuk mengolah tingkat keparahan gejala melalui proses *fuzzifikasi*, inferensi menggunakan operator *MIN*, komposisi aturan dengan metode *MAX*, serta *defuzzifikasi* menggunakan metode *Center of Area (COA)*. Selanjutnya, metode *Certainty Factor* diterapkan untuk menghitung tingkat kepastian diagnosis berdasarkan bobot keyakinan pakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan informasi mengenai jenis kelainan mata, tingkat keparahan, dan persentase kepastian diagnosis dengan tingkat akurasi sebesar 99% dibandingkan hasil diagnosis tenaga medis. Meskipun demikian, penelitian tersebut diterapkan pada kasus kelainan mata sehingga karakteristik gejala dan basis pengetahuannya berbeda dengan penyakit jantung. Selain itu, mekanisme integrasi yang digunakan berbeda dengan penelitian ini karena nilai α -predikat hasil inferensi *fuzzy* pada penelitian ini digunakan secara langsung sebagai masukan dalam perhitungan *Certainty Factor* (Arifianti et al., 2022).

Pendekatan lain pada prediksi penyakit jantung dilakukan oleh Hidayat et al. (2024) menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*. Pendekatan *machine learning* membutuhkan dataset berlabel yang memadai untuk proses pelatihan dan evaluasi model. Sementara itu, pada objek penelitian ini ketersediaan data klinis terstruktur masih terbatas, sedangkan pengetahuan dokter spesialis dapat direpresentasikan dalam bentuk basis aturan. Pendekatan sistem pakar juga memungkinkan proses pengambilan keputusan ditelusuri melalui gejala yang dimasukkan, aturan yang aktif, derajat keanggotaan, serta bobot keyakinan pakar. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan sistem pakar berbasis integrasi *Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor*, tanpa menyatakan bahwa pendekatan tersebut secara umum lebih unggul dibandingkan metode *machine learning*.

Berdasarkan empat penelitian terdahulu tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang menjadi dasar pengembangan sistem ini. Penelitian Rinawati et al. (2026) telah menerapkan *Certainty Factor* pada penyakit jantung tetapi belum mengakomodasi variasi intensitas gejala melalui inferensi *fuzzy*. Simanjourang et al. (2024) telah menerapkan inferensi *fuzzy* pada penyakit jantung, tetapi belum mengintegrasikan hasil inferensinya dengan tingkat keyakinan pakar. Arifianti et al. (2022) telah mengombinasikan *Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor*, tetapi diterapkan pada domain kelainan mata serta menggunakan mekanisme integrasi yang berbeda. Sementara itu, Hidayat et al. (2024) menggunakan pendekatan *machine learning* berbasis *SVM* yang memerlukan dataset berlabel untuk proses pelatihan. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan *Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor* pada sistem pakar skrining awal penyakit jantung dengan menggunakan nilai α -predikat hasil inferensi *fuzzy* sebagai tingkat aktivasi aturan yang selanjutnya dikombinasikan dengan *CF* pakar untuk menghasilkan tingkat keyakinan sistem.

Kontribusi penelitian ini terletak pada implementasi integrasi *Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor* pada sistem pakar skrining awal penyakit jantung yang menghubungkan derajat kecocokan gejala terhadap premis aturan dengan tingkat keyakinan pakar. Sistem mengimplementasikan basis pengetahuan yang terdiri atas 14 gejala, tiga jenis penyakit jantung, dan 190 aturan hasil akuisisi pengetahuan dengan dokter spesialis jantung. Selain itu, penelitian ini mengevaluasi konsistensi hasil klasifikasi sistem melalui 30 skenario pengujian menggunakan *confusion matrix*, sehingga hasil penelitian tidak hanya menunjukkan implementasi metode, tetapi juga memberikan evaluasi terhadap kesesuaian keluaran sistem dengan basis pengetahuan yang digunakan.

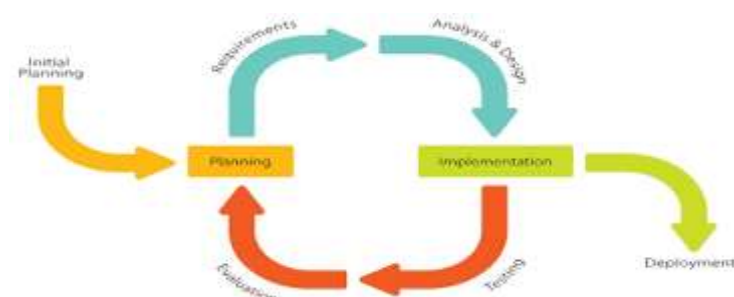
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa perangkat lunak (*software engineering*) yang berfokus pada perancangan, pembangunan, dan pengujian sistem pakar prediksi penyakit jantung berbasis web menggunakan metode *Integrasi Fuzzy Mamdani* dan *Certainty Factor*. Sistem dikembangkan sebagai alat bantu skrining awal penyakit jantung pada klinik perusahaan dengan memanfaatkan pengetahuan dokter spesialis jantung yang diterjemahkan ke dalam basis aturan (*knowledge base*). Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sistem yang mampu memberikan prediksi penyakit jantung beserta tingkat keyakinannya berdasarkan gejala yang dialami pasien. Sistem diharapkan dapat membantu tenaga medis dalam melakukan skrining awal secara lebih cepat, konsisten, dan terdokumentasi sebelum dilakukan pemeriksaan lanjutan. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi proses pelayanan kesehatan serta wawancara dengan dokter spesialis jantung. Sementara

itu, data sekunder diperoleh dari studi pustaka yang meliputi buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pakar, logika fuzzy, metode Certainty Factor, serta penyakit jantung sebagai dasar pengembangan sistem. Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini meliputi 14 gejala penyakit jantung yang dikelompokkan ke dalam beberapa himpunan fuzzy berdasarkan karakteristik masing-masing variabel.

Sistem memprediksi tiga jenis penyakit jantung, yaitu penyakit jantung koroner, gagal jantung, dan aritmia, menggunakan 190 aturan (rule) yang disusun berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan dari dokter spesialis jantung. Proses pengambilan keputusan diawali dengan pengolahan nilai gejala menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk memperoleh derajat keanggotaan setiap gejala, kemudian dilanjutkan dengan metode Certainty Factor untuk menghitung tingkat keyakinan hasil prediksi berdasarkan nilai α -predikat hasil inferensi Fuzzy Mamdani dan bobot keyakinan pakar. Pengembangan sistem menggunakan pendekatan *Iterative Development* karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara bertahap melalui beberapa iterasi sehingga setiap hasil pengembangan dapat dievaluasi dan disempurnakan sesuai kebutuhan pengguna (Annisa et al., 2025). Setiap iterasi terdiri atas tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Pendekatan ini dipilih agar sistem yang dikembangkan memiliki kualitas yang lebih baik, mudah dikembangkan, serta mampu menyesuaikan perubahan kebutuhan selama proses penelitian berlangsung. Tahapan model *Iterative Development* yang diterapkan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan model *Iterative Development*

2.2 Tahapan Penelitian

Pada Penelitian ini menggunakan metode *Iterative Development* sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem pakar prediksi penyakit jantung. Metode ini dipilih karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara bertahap melalui beberapa iterasi sehingga setiap hasil pengembangan dapat dievaluasi dan disempurnakan berdasarkan kebutuhan pengguna. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam melakukan perbaikan terhadap sistem apabila ditemukan perubahan kebutuhan maupun ketidaksesuaian selama proses pengembangan (Nur Adiya et al., 2024).

Tahapan penelitian yang diterapkan terdiri atas lima tahap utama, yaitu perencanaan (planning), analisis dan perancangan (analysis and design), implementasi (implementation), pengujian (testing), serta evaluasi (evaluation). Setiap tahapan saling berhubungan dan dilakukan secara berulang hingga sistem mampu menghasilkan prediksi penyakit jantung beserta tingkat keyakinannya sesuai dengan basis pengetahuan yang telah ditentukan. Secara keseluruhan, tahapan penelitian yang dilakukan digambarkan dalam bentuk flowchart pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, tahap planning merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi, wawancara dengan dokter spesialis jantung, dan studi pustaka. Pada tahap ini ditentukan kebutuhan fungsional sistem, kebutuhan data, serta ruang lingkup penelitian sebagai dasar dalam pengembangan sistem pakar. Tahap analysis and design dilakukan untuk menganalisis kebutuhan yang telah diperoleh dan menyusunnya ke dalam rancangan sistem. Perancangan meliputi penyusunan basis pengetahuan yang terdiri atas 14 gejala, 3 jenis penyakit jantung, dan 190 aturan (rule), perancangan fungsi keanggotaan fuzzy, struktur basis data, serta rancangan antarmuka pengguna (user interface) yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Tahap implementation merupakan proses pembangunan sistem berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan React, TypeScript, Node.js, dan MySQL. Pada tahap ini diimplementasikan metode Fuzzy Mamdani untuk proses fuzzifikasi dan inferensi, serta metode Certainty Factor untuk menghitung tingkat keyakinan hasil prediksi berdasarkan nilai α -predikat dan bobot keyakinan pakar. Tahap testing dilakukan untuk memastikan fungsi dan implementasi perhitungan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan. Pengujian meliputi Black Box Testing serta pengujian hasil klasifikasi menggunakan confusion matrix. Tahap evaluation dilakukan untuk mengevaluasi hasil pengembangan berdasarkan temuan pada tahap pengujian. Apabila masih ditemukan ketidaksesuaian pada fungsi sistem maupun implementasi algoritma, maka dilakukan perbaikan pada iterasi berikutnya hingga sistem mampu menghasilkan prediksi penyakit jantung secara konsisten sesuai dengan basis pengetahuan yang telah disusun.



2.3 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan (knowledge base) merupakan komponen utama dalam sistem pakar yang digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan pakar dalam proses pengambilan keputusan (Kusrini, 2022). Pada penelitian ini, basis pengetahuan diperoleh melalui proses akuisisi pengetahuan dengan melakukan wawancara bersama dokter spesialis jantung sebagai pakar serta didukung oleh studi pustaka yang relevan. Hasil akuisisi pengetahuan digunakan untuk menentukan gejala, jenis penyakit, himpunan fuzzy, hubungan antara gejala dengan penyakit, serta nilai Certainty Factor (CF) pakar pada setiap aturan.

Basis pengetahuan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 14 gejala dan 3 jenis penyakit jantung, yaitu penyakit jantung koroner, gagal jantung, dan aritmia. Setiap gejala memiliki nilai masukan dan himpunan fuzzy yang disesuaikan dengan karakteristik gejala. Variabel intensitas menggunakan skala 0–10 dengan himpunan Ringan, Sedang, dan Berat, variabel frekuensi menggunakan satuan kejadian per minggu dengan himpunan Jarang, Sedang, dan Sering, sedangkan variabel durasi nyeri dada menggunakan satuan menit dengan himpunan Singkat, Sedang, dan Lama.

Hubungan antara gejala dan penyakit selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk aturan IF–THEN (rule base). Setiap aturan terdiri atas satu atau beberapa kondisi gejala sebagai anteseden dan jenis penyakit sebagai konsekuen. Proses inferensi Fuzzy Mamdani menggunakan derajat keanggotaan gejala untuk menentukan kekuatan aturan yang aktif melalui operator MIN. Selanjutnya, nilai Certainty Factor pakar pada aturan digunakan dalam proses perhitungan tingkat keyakinan terhadap hasil prediksi. Secara keseluruhan, basis pengetahuan sistem terdiri atas 190 aturan yang disusun berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan dari dokter spesialis jantung. Karena keterbatasan ruang dalam artikel, hanya beberapa aturan representatif yang ditampilkan untuk menggambarkan mekanisme inferensi sistem.

Tabel 1. Tabel Penyakit

Nama Penyakit	Keterangan
Penyakit Jantung Koroner	Penyakit yang terjadi akibat penyempitan atau penyumbatan pembuluh darah koroner sehingga aliran darah ke otot jantung berkurang. Kondisi ini dapat menyebabkan nyeri dada, sesak napas, hingga serangan jantung.
Gagal Jantung	Kondisi ketika jantung tidak mampu memompa darah secara optimal untuk memenuhi kebutuhan tubuh. Gejala yang sering muncul antara lain sesak napas, cepat lelah, dan pembengkakan pada kaki.
Aritmia (Gangguan Irama Jantung)	Gangguan pada irama atau denyut jantung yang menyebabkan detak jantung menjadi terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur. Gejala yang umum dirasakan berupa jantung berdebar, pusing, hingga hampir pingsan.

Tabel 2. Tabel Gejala

Kode	Nama Gejala	Tipe Input
G01	Nyeri dada	Skala 0–10
G02	Sesak napas	Skala 0–10
G03	Nyeri menjalar ke lengan kiri	Skala 0–10
G04	Nyeri menjalar ke leher/rahang	Skala 0–10
G05	Keringat dingin	Skala 0–10
G06	Cepat lelah	Skala 0–10
G07	Kaki/pergelangan kaki bengkak	Skala 0–10
G08	Sulit tidur posisi datar	Skala 0–10
G09	Terbangun malam karena sesak	Frekuensi (kali/minggu)
G10	Jantung berdebar	Skala 0–10
G11	Detak jantung tidak teratur	Skala 0–10
G12	Pusing	Skala 0–10
G13	Hampir pingsan	Frekuensi (kali/minggu)
G14	Durasi nyeri dada	Durasi (menit)

Beberapa aturan yang mewakili masing-masing jenis penyakit ditampilkan pada Tabel 3. Aturan dipilih untuk memperlihatkan variasi jumlah premis, kategori linguistik, konsekuensi penyakit, dan nilai CF pakar.

Tabel 3. Tabel Aturan

Kode	Premis (IF)	Konsekuensi (THEN)	CF Pakar
R001	G01=Berat AND G14=Lama	Penyakit Jantung Koroner	0,75
R002	G01=Berat AND G03=Berat	Penyakit Jantung Koroner	0,7
R003	G01=Berat AND G04=Berat	Penyakit Jantung Koroner	0,68
R076	G02=Berat AND G07=Berat	Gagal Jantung	0,7
R077	G02=Berat AND G08=Sering	Gagal Jantung	0,68
R078	G02=Berat AND G09=Sering	Gagal Jantung	0,68
R126	G10=Berat AND G13=Berat	Aritmia	0,72



Kode	Premis (IF)	Konsekuensi (THEN)	CF Pakar
R127	G11=Berat AND G13=Berat	Aritmia	0,72
R128	G10=Berat AND G11=Berat	Aritmia	0,7
R028	G01=Berat AND G03=Berat AND G14=Lama	Penyakit Jantung Koroner	0,8

Basis aturan pada penelitian ini terdiri atas 190 aturan yang dikelompokkan berdasarkan tiga jenis penyakit, yaitu Penyakit Jantung Koroner, Gagal Jantung, dan Aritmia. Rekapitulasi jumlah aturan pada masing-masing penyakit ditampilkan pada Tabel 4. Penyusunan aturan dilakukan melalui proses akuisisi pengetahuan dengan dokter spesialis jantung. Setiap aturan terdiri atas kombinasi gejala sebagai premis, jenis penyakit sebagai konsekuensi, dan nilai CF pakar sebagai tingkat keyakinan terhadap hubungan antara premis dan konsekuensi. Aturan kemudian diperiksa untuk memastikan tidak terdapat duplikasi premis, konflik konsekuensi, dan ketidaksesuaian nilai CF pakar.

Tabel 4. Jumlah Aturan Per Jenis Penyakit

Jenis penyakit	Jumlah rule
Penyakit Jantung Koroner	75
Gagal Jantung	50
Aritmia	65

Berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan dari dokter spesialis jantung, basis pengetahuan pada sistem pakar ini terdiri atas 190 aturan (rule) yang merepresentasikan berbagai kombinasi gejala dan keyakinan pakar terhadap tiga jenis penyakit jantung, yaitu penyakit jantung koroner, gagal jantung, dan aritmia. Pembagian aturan tersebut menunjukkan bahwa basis pengetahuan tidak hanya berfokus pada satu jenis penyakit, tetapi mencakup seluruh keluaran penyakit yang menjadi ruang lingkup sistem. Setiap aturan memiliki nilai Certainty Factor (CF) pakar yang menunjukkan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara kombinasi gejala dan penyakit yang menjadi konsekuensi aturan. Karena jumlah aturan yang cukup banyak dan keterbatasan ruang pada artikel, Tabel 3 hanya menampilkan 10 aturan yang dipilih secara representatif untuk menggambarkan struktur dan mekanisme basis pengetahuan yang digunakan. Meskipun tidak seluruh aturan ditampilkan dalam artikel, seluruh 190 aturan tetap diimplementasikan dan digunakan dalam proses inferensi pada sistem. Aturan yang ditampilkan mencakup beberapa variasi kombinasi gejala serta mewakili ketiga jenis penyakit yang menjadi keluaran sistem.

2.4 Metode Fuzzy Mamdani

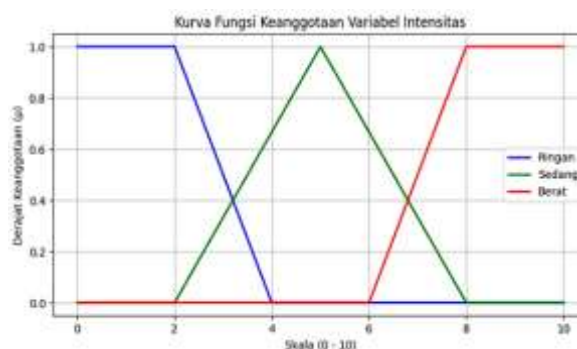
Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah nilai masukan berupa gejala yang dipilih pengguna menjadi nilai linguistik sehingga dapat merepresentasikan tingkat keparahan gejala secara lebih fleksibel (Pratama et al., 2025). Pada penelitian ini, setiap gejala memiliki fungsi keanggotaan yang disesuaikan dengan karakteristik variabel, yaitu Ringan, Sedang, dan Berat untuk variabel intensitas, Jarang, Sedang, dan Sering untuk variabel frekuensi, serta Singkat, Sedang, dan Lama untuk variabel durasi nyeri dada.

Proses Fuzzy Mamdani pada penelitian ini meliputi fuzzifikasi dan inferensi. Tahap fuzzifikasi mengubah nilai masukan (crisp input) menjadi derajat keanggotaan (membership degree) dengan rentang nilai 0 hingga 1 berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Selanjutnya, proses inferensi dilakukan dengan mencocokkan hasil fuzzifikasi terhadap aturan (rule) pada basis pengetahuan menggunakan operator MIN untuk memperoleh nilai α -predikat (fire strength) dari setiap aturan yang aktif (Karima & Rahman, 2024).

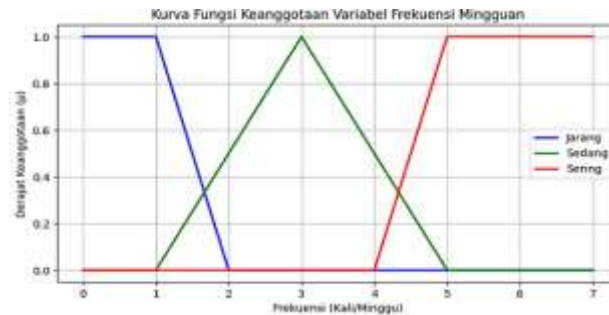
Nilai α -predikat menunjukkan tingkat kecocokan antara kondisi pengguna dengan setiap aturan yang terdapat pada basis pengetahuan. Pada penelitian ini, nilai α -predikat tidak dilakukan proses defuzzifikasi, melainkan digunakan secara langsung sebagai masukan pada metode Certainty Factor untuk menghitung tingkat keyakinan terhadap hasil prediksi penyakit jantung. Nilai α -predikat diperoleh menggunakan operator MIN dengan rumus sebagai berikut :

$$a_i = \min(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n) \quad (1)$$

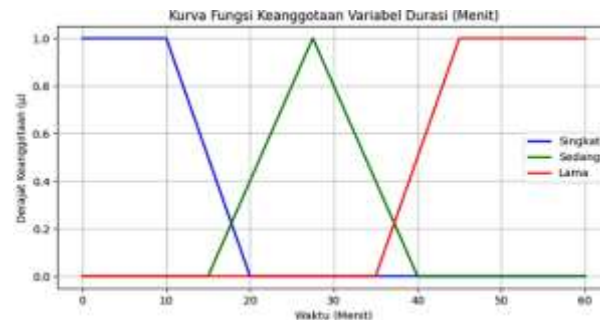
Kurva fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3. Kurva Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas



Gambar 4. Kurva Fungsi Keanggotaan Variabel Frekuensi Mingguan



Gambar 5. Kurva Fungsi Keanggotaan Variabel Durasi

2.5 Metode Certainty Factor

Metode Certainty Factor (CF) digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan terhadap hasil prediksi penyakit jantung berdasarkan nilai inferensi yang diperoleh dari metode Fuzzy Mamdani dan tingkat keyakinan pakar terhadap setiap aturan (rule). Pada penelitian ini, nilai α -predikat yang dihasilkan dari proses inferensi Fuzzy Mamdani digunakan sebagai representasi tingkat kecocokan gejala terhadap suatu aturan. Nilai tersebut kemudian dikombinasikan dengan nilai Certainty Factor pakar untuk memperoleh tingkat keyakinan setiap aturan yang aktif.

Nilai Certainty Factor pakar diperoleh berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan melalui wawancara dan validasi dengan dokter spesialis jantung. Untuk menjaga konsistensi dalam pemberian bobot pada setiap aturan, digunakan kategori tingkat keyakinan yang terdiri atas Kurang Yakin (0,00–0,39), Cukup Yakin (0,40–0,54), Yakin (0,55–0,69), Sangat Yakin (0,70–0,79), dan Hampir Pasti (0,80–1,00). Setiap aturan diberikan nilai CF sesuai dengan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara kombinasi gejala dan penyakit yang menjadi konsekuen aturan. Kategori tingkat keyakinan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori Tingkat Keyakinan Certainty Factor Pakar

Kategori Tingkat Keyakinan	Rentang Nilai Kepercayaan
Kurang Yakin	0,00 – 0,39
Cukup Yakin	0,40 – 0,54
Yakin	0,55 – 0,69
Sangat Yakin	0,70 – 0,79
Hampir Pasti	0,80 – 1,00

Nilai α -predikat dan Certainty Factor pakar sama-sama berada pada rentang 0 sampai 1, tetapi merepresentasikan konsep yang berbeda. Nilai α -predikat menunjukkan derajat kecocokan masukan pengguna terhadap premis suatu aturan, sedangkan nilai CF pakar menunjukkan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara premis dan konsekuen aturan. Operasi perkalian pada penelitian ini digunakan sebagai mekanisme pembobotan kontribusi aturan yang aktif. Dengan mekanisme tersebut, aturan yang hanya terpenuhi sebagian akan menghasilkan tingkat keyakinan yang lebih rendah meskipun aturan tersebut memiliki CF pakar yang tinggi. Hasil perkalian tidak ditafsirkan sebagai probabilitas statistik maupun probabilitas klinis penyakit, tetapi sebagai tingkat keyakinan sistem berbasis aturan. Nilai Certainty Factor untuk setiap aturan dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$CF_{rule} = \alpha \times CF_{pakar} \quad (2)$$

Pada Persamaan (2), CF_{rule} merupakan nilai Certainty Factor yang dihasilkan pada suatu aturan aktif, α merupakan nilai α -predikat hasil inferensi Fuzzy Mamdani yang menunjukkan tingkat kecocokan masukan terhadap premis aturan, sedangkan CF_{pakar} merupakan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara premis dan konsekuen pada aturan tersebut.

Secara matematis, operasi tersebut menjaga nilai CF rule tetap berada pada rentang 0 sampai 1 karena kedua komponennya juga berada pada rentang tersebut. Nilai maksimum CF rule hanya tercapai apabila kondisi pasien



sepenuhnya cocok dengan premis aturan, yaitu ketika α -predikat bernilai 1. Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan pada setiap aturan yang aktif. Semakin tinggi derajat kecocokan premis (α -predikat) dan semakin besar tingkat keyakinan pakar (CF pakar), maka semakin besar pula tingkat keyakinan aturan terhadap penyakit yang diprediksi.

Apabila terdapat lebih dari satu aturan yang menghasilkan jenis penyakit yang sama, maka nilai Certainty Factor dikombinasikan menggunakan Persamaan berikut.

$$CF_{combine} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1) \quad (3)$$

Proses penggabungan dilakukan secara bertahap hingga seluruh aturan yang menghasilkan penyakit yang sama selesai dihitung. Nilai akhir Certainty Factor digunakan sebagai tingkat keyakinan sistem terhadap hasil prediksi penyakit jantung dan ditampilkan dalam bentuk persentase.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Perhitungan Metode Integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor

Implementasi perhitungan dilakukan untuk menunjukkan proses kerja integrasi metode Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor dalam menghasilkan prediksi penyakit jantung. Proses diawali dengan memasukkan data gejala yang dipilih pengguna, kemudian dilakukan proses fuzzifikasi untuk memperoleh derajat keanggotaan setiap gejala. Selanjutnya sistem melakukan inferensi berdasarkan aturan (rule) yang aktif sehingga menghasilkan nilai α -predikat sebagai derajat kecocokan masukan terhadap premis aturan. Nilai α -predikat tersebut tidak diinterpretasikan sebagai probabilitas penyakit, melainkan sebagai tingkat aktivasi aturan (rule activation). Oleh karena itu, nilai α -predikat dikombinasikan dengan nilai Certainty Factor (CF) pakar melalui operasi perkalian untuk menghasilkan tingkat keyakinan setiap aturan. Hasil perkalian tersebut merepresentasikan tingkat keyakinan sistem terhadap aturan yang aktif dan bukan probabilitas statistik maupun probabilitas klinis penyakit.

Tabel 6. Data Input Gejala

Kode Gejala	Nilai
G01	7
G03	7
G08	4
G14	38

Berdasarkan data masukan pada Tabel 6, sistem melakukan proses fuzzifikasi terhadap setiap gejala sesuai fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Nilai masukan (crisp input) diubah menjadi derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang relevan sehingga dapat digunakan pada tahap inferensi.

Tabel 7. Hasil Fuzzifikasi

Gejala	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
G01	Sedang	0,333
G01	Berat	0,500
G03	Sedang	0,333
G03	Berat	0,500
G08	Sedang	0,667
G14	Sedang	0,160
G14	Lama	0,300

Hasil fuzzifikasi menunjukkan bahwa setiap gejala dapat memiliki lebih dari satu derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang berbeda. Nilai derajat keanggotaan tersebut selanjutnya digunakan dalam proses inferensi Fuzzy Mamdani untuk menentukan aturan (rule) yang aktif.

Tabel 8. Hasil Inferensi Fuzzy Mamdani

Rule	α -predikat
R001	0,300
R002	0,500
R004	0,300
R028	0,300

Berdasarkan hasil inferensi, diperoleh empat aturan yang aktif dengan nilai α -predikat yang berbeda sesuai dengan tingkat kecocokan kondisi pasien terhadap masing-masing premis aturan. Nilai α -predikat menunjukkan seberapa kuat suatu aturan teraktivasi berdasarkan derajat keanggotaan gejala yang telah diperoleh pada tahap fuzzifikasi. Semakin besar nilai α -predikat, semakin tinggi tingkat kecocokan kondisi pasien terhadap aturan tersebut.



Nilai α -predikat dari setiap aturan aktif selanjutnya digunakan sebagai masukan dalam proses perhitungan Certainty Factor untuk menentukan tingkat keyakinan sistem terhadap hasil prediksi penyakit jantung.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Certainty Factor

Rule	α -predikat	CF Pakar	CF Rule
R001	0,300	0,75	0,225
R002	0,500	0,70	0,350
R004	0,300	0,68	0,204
R028	0,300	0,80	0,240

Nilai CF Rule diperoleh dari hasil perkalian antara nilai α -predikat dengan nilai CF pakar pada setiap aturan yang aktif. Selanjutnya, seluruh nilai CF Rule yang mengarah pada penyakit yang sama dikombinasikan menggunakan metode CF Combine hingga diperoleh nilai Certainty Factor akhir sebagai dasar dalam menentukan hasil prediksi.

Tabel 10. Hasil Prediksi

Penyakit	Nilai CF
Penyakit Jantung Koroner	69,52%

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem memberikan tingkat keyakinan sebesar 69,52% terhadap prediksi Penyakit Jantung Koroner. Hasil tersebut diperoleh dari kombinasi proses inferensi Fuzzy Mamdani dan perhitungan Certainty Factor sehingga dapat memberikan informasi mengenai tingkat keyakinan sistem terhadap hasil prediksi.

3.2 Pengujian Menggunakan Confusion Matrix

Pengujian dilakukan menggunakan 30 skenario kasus yang disusun berdasarkan kombinasi gejala pada basis aturan. Setiap skenario terdiri atas nilai gejala yang merepresentasikan Penyakit Jantung Koroner, Gagal Jantung, Aritmia, dan Tidak Terindikasi. Selanjutnya hasil prediksi sistem dibandingkan dengan label acuan sehingga diperoleh confusion matrix.

Tabel 11. Distribusi Skenario Pengujian

Kategori	Jumlah
Penyakit Jantung Koroner	8
Gagal Jantung	8
Aritmia	8
Tidak Terindikasi	6
Total	30

Tabel 12. Confusion Matrix

Label Acuan	PJK	Gagal Jantung	Aritmia	Tidak
PJK	8	0	0	0
Gagal Jantung	0	8	0	0
Aritmia	0	0	8	0
Tidak Terindikasi	0	0	0	6

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan confusion matrix, seluruh 30 skenario berhasil diklasifikasikan sesuai dengan label acuan sehingga diperoleh tingkat kesesuaian sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses inferensi yang mengintegrasikan metode Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor telah berjalan sesuai dengan basis pengetahuan yang digunakan. Nilai α -predikat yang dihasilkan melalui proses inferensi fuzzy mampu merepresentasikan tingkat kecocokan gejala terhadap premis aturan, sedangkan Certainty Factor berperan dalam menghitung tingkat keyakinan setiap aturan berdasarkan bobot yang diberikan oleh pakar.

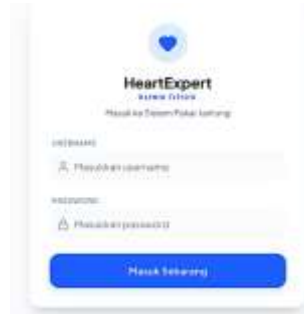
Tingkat kesesuaian sebesar 100% diperoleh pada skenario pengujian yang disusun berdasarkan basis aturan penelitian. Oleh karena itu, hasil tersebut menunjukkan konsistensi implementasi sistem terhadap basis pengetahuan yang telah dirancang dan tidak diinterpretasikan sebagai tingkat akurasi klinis pada populasi pasien secara umum. Pengujian menggunakan data klinis dalam jumlah yang lebih besar masih diperlukan sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan untuk menerapkan metode Integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor ke dalam aplikasi berbasis web yang digunakan sebagai media skrining awal penyakit jantung. Sistem dikembangkan menggunakan React JS sebagai frontend, Express JS sebagai backend, serta MySQL sebagai basis data untuk menyimpan dan mengelola data yang digunakan dalam proses konsultasi dan prediksi. Aplikasi menyediakan beberapa fitur utama, meliputi pengelolaan data gejala, data penyakit, aturan (rule), proses konsultasi pasien, serta penyajian hasil prediksi. Pada proses konsultasi, pengguna memasukkan nilai gejala sesuai dengan kondisi yang dialami, kemudian

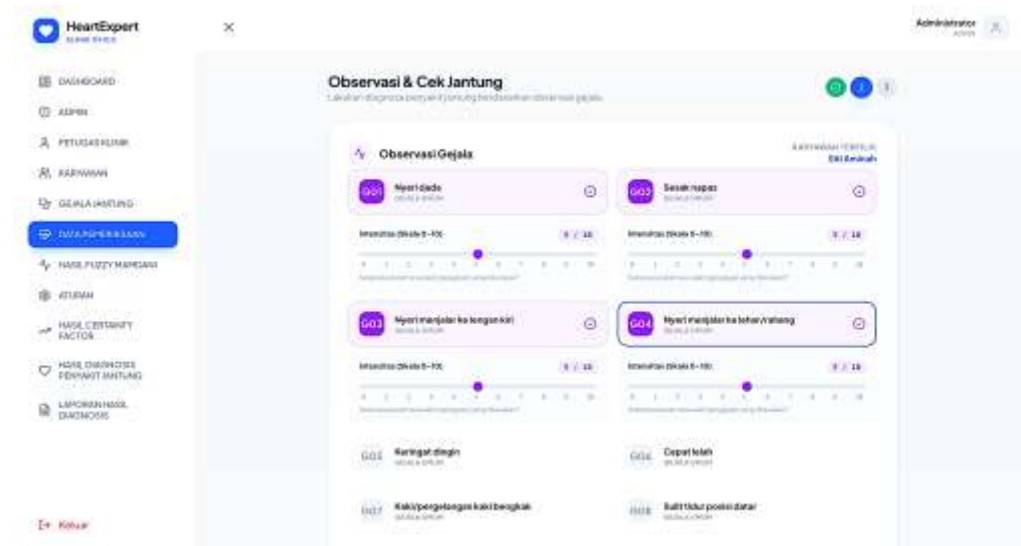


sistem memproses masukan tersebut melalui tahapan fuzzifikasi dan inferensi Fuzzy Mamdani untuk memperoleh nilai α -predikat. Nilai tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan Certainty Factor bersama dengan bobot keyakinan pakar untuk menghasilkan tingkat keyakinan sistem terhadap penyakit yang diprediksi. Hasil akhir kemudian ditampilkan dalam bentuk jenis penyakit beserta persentase tingkat keyakinannya sehingga dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam proses skrining awal sebelum dilakukan pemeriksaan lebih lanjut.



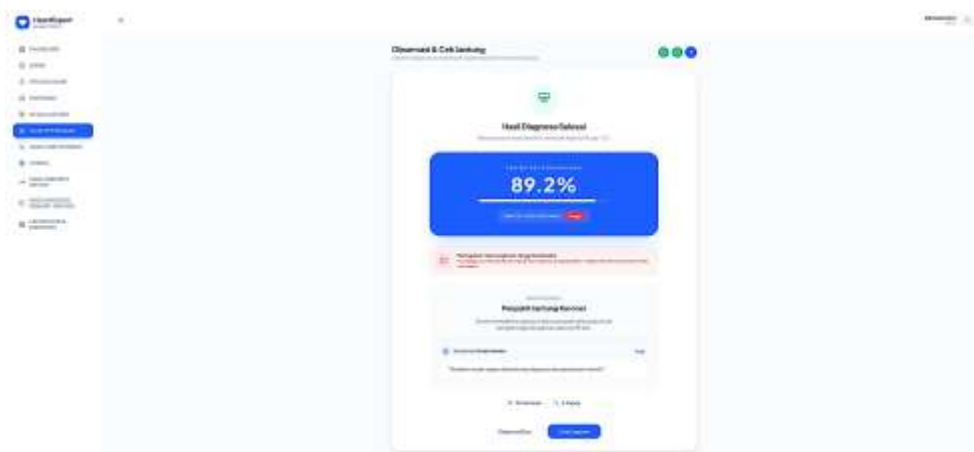
Gambar 6. Halaman Login

Halaman login merupakan gerbang autentikasi pengguna sebelum mengakses sistem (Putri et al., 2024). Pengguna yang memiliki hak akses dapat masuk menggunakan akun yang telah terdaftar sehingga keamanan data dan proses pengelolaan sistem dapat terjaga.



Gambar 7. Halaman Data Pemeriksaan

Halaman data pemeriksaan digunakan untuk memasukkan data gejala yang dialami pasien. Pengguna memilih tingkat kondisi setiap gejala sesuai keadaan yang dirasakan. Data tersebut kemudian diproses secara otomatis menggunakan metode Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor untuk menghasilkan prediksi penyakit jantung.



Gambar 8. Halaman Hasil Diagnosis



Halaman hasil prediksi menampilkan jenis penyakit yang diprediksi beserta nilai tingkat keyakinannya dalam bentuk persentase. Selain itu, sistem juga menampilkan informasi pendukung sebagai acuan skrining awal.

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan setiap fungsi pada aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional (Rezka et al., 2026). Pengujian difokuskan pada kesesuaian antara masukan (input) yang diberikan pengguna dengan keluaran (output) yang dihasilkan oleh sistem tanpa memperhatikan struktur kode program (Arya et al., 2025).

Tabel 13. Pengujian Black Box

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil	Status
1	Login pengguna	Pengguna berhasil masuk ke dashboard	Sesuai	Berhasil
2	Memilih gejala konsultasi	Data gejala berhasil diproses	Sesuai	Berhasil
3	Proses prediksi	Sistem menampilkan hasil prediksi penyakit	Sesuai	Berhasil
4	Menampilkan hasil diagnosis	Persentase dan hasil prediksi ditampilkan	Sesuai	Berhasil
5	Cetak Laporan Hasil Diagnosis	Data diagnosis berhasil dicetak	Sesuai	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 13, seluruh fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Setiap skenario pengujian menghasilkan keluaran yang sesuai dengan hasil yang diharapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional dan mampu menjalankan proses prediksi penyakit jantung dengan baik.

3.5 Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa metode Integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor mampu diterapkan pada sistem pakar untuk melakukan skrining awal penyakit jantung berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk merepresentasikan tingkat keparahan gejala melalui proses fuzzifikasi dan inferensi sehingga menghasilkan nilai α -predikat sebagai tingkat kecocokan terhadap setiap aturan. Selanjutnya, nilai α -predikat dikombinasikan dengan Certainty Factor untuk menghasilkan tingkat keyakinan terhadap penyakit yang diprediksi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tujuan penelitian, yaitu mengembangkan sistem yang mampu memberikan prediksi awal penyakit jantung beserta tingkat keyakinannya, telah tercapai.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Simanjorang et al. (2024) yang menyatakan bahwa metode Fuzzy Mamdani efektif dalam menangani ketidakpastian pada data gejala melalui pendekatan himpunan fuzzy sehingga menghasilkan proses inferensi yang lebih fleksibel. Selain itu, penelitian Rinawati et al. (2026) menunjukkan bahwa metode Certainty Factor mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar dalam proses pengambilan keputusan pada sistem pakar. Namun, penelitian ini mengintegrasikan kedua metode tersebut sehingga hasil inferensi Fuzzy Mamdani digunakan sebagai masukan dalam perhitungan Certainty Factor. Pendekatan tersebut memungkinkan sistem tidak hanya menentukan jenis penyakit yang diprediksi, tetapi juga memberikan informasi mengenai tingkat keyakinan hasil prediksi sehingga dapat menjadi pendukung dalam proses skrining awal.

Berdasarkan hasil Black Box Testing, seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah dirancang. Proses konsultasi, inferensi, perhitungan Certainty Factor, hingga penyajian hasil prediksi dapat dijalankan tanpa ditemukan kesalahan fungsional. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan pengguna sebagai media skrining awal penyakit jantung. Meskipun demikian, sistem ini masih bergantung pada basis pengetahuan dan aturan yang telah disusun sehingga hasil prediksi tidak dimaksudkan sebagai pengganti diagnosis dokter, melainkan sebagai alat bantu dalam memberikan informasi awal kepada pengguna.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengimplementasikan integrasi metode Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor pada sistem pakar berbasis web untuk membantu proses skrining awal penyakit jantung. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk menentukan derajat kecocokan gejala terhadap aturan sehingga menghasilkan nilai α -predikat, sedangkan Certainty Factor digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan berdasarkan bobot pakar pada setiap aturan. Sistem dibangun menggunakan basis pengetahuan yang terdiri atas 190 aturan hasil akuisisi pengetahuan dengan dokter spesialis jantung. Berdasarkan pengujian terhadap 30 skenario menggunakan confusion matrix, sistem memperoleh tingkat kesesuaian sebesar 100% terhadap label acuan yang digunakan dalam penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengimplementasikan proses inferensi sesuai dengan basis pengetahuan yang dirancang sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu skrining awal penyakit jantung. Kontribusi penelitian ini terletak pada implementasi integrasi Fuzzy Mamdani dan Certainty Factor yang menghubungkan nilai α -predikat sebagai tingkat kecocokan masukan terhadap premis aturan dengan CF pakar sebagai tingkat keyakinan terhadap aturan, sehingga sistem dapat menghasilkan prediksi penyakit jantung beserta tingkat keyakinannya melalui satu proses inferensi berbasis aturan. Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada skenario pengujian berbasis aturan dan belum mengevaluasi data klinis nyata maupun



kombinasi masukan yang saling kontradiktif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melakukan validasi menggunakan data pasien nyata dan pengujian terhadap kondisi gejala yang tumpang tindih atau kontradiktif.

REFERENCES

- Annisa, Arsyanda, N., Iqbal, A. N., Mufid, F. R., Ananda, F. A., Andrean, M. R., & Arribe, E. (2025). Perancangan Sistem Informasi Penjualan Dengan Metode Iterative Di Cv. Putra Jaya Mobil Pekanbaru. *Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT)*, 4(3), 859-865. <https://doi.org/10.62357/jsit.v4i3.701>
- Arifianti, E. R., Mahariani, Y. R., Mayor, J., & No, S. T. (2022). *Sistem Diagnosa Kelainan Mata Menggunakan Fuzzy Mamdani Dan Certainty Factor*. *Jurnal of Education and Information Communication Technology*, 6(1), 22-27. <http://jurnal.stkipppgtritungagung.ac.id/joeict/article/view/1620>
- Arrosyid, I., Hardan Gutama, D., Subhan Yazid, A., & Pramuntadi, A. (2025). Implementasi Algoritma Naïve Bayes Untuk Sistem Prediksi Penyakit Diabetes Melitus Tipe 2. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(5), 7538-7545. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i5.14765>
- Arya, S., Astri, S. R., Iqbal, Y., Padjrin, F., Elsa, N. A., & Subhanjaya, A. A. (2025). Pengujian Black Box Testing Pada Fitur Permohonan Informasi Publik Melalui Website Pemerintah Jawa Barat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(4), 5912–5919. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1520>
- Chasshidi, T. A., & Putra, M. R. (2021). Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Pneumonia Menggunakan Metode Certainty Factor Dan Fuzzy Logic Tsukamoto Berbasis Web. *Jurnal KomtekInfo*, 8(2), 118–128. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v8i2.106>
- Hania, A. K., Timothy, C., Gabriel, P., Muhammad, F., Muhammad, D. N., Ilham, Y. M., & Bambang, I. (2025). Rancangan Sistem Prediksi Penyakit Jantung Berbasis Framingham Risk Score: Konsistensi Teoritis dan Implementasi Web. *Journal of Computers and Digital Business*, 4(3), 146–151. <https://doi.org/10.56427/jcbd.v4i3.775>
- Hidayat, R., Sy, Y. S., Sujana, T., Husnah, M., Saputra, H. T., & Okmayura, F. (2024). Implementasi Machine Learning Untuk Prediksi Penyakit Jantung Menggunakan Algoritma Support Vector Machine. *BIOS : Jurnal Teknologi Informasi Dan Rekayasa Komputer*, 5(2), 161–168. <https://doi.org/10.37148/bios.v5i2.152>
- Karima, I., & Rahman, A. (2024). Implementasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Pengambilan Keputusan Rekomendasi Jumlah Produksi. *Jurnal Inovasi Komputer (INOKOM)* (Vol. 1, Number 1). <https://jurnal.citanusantara.id/index.php/inokom>
- Kusrini. (2022). *Aplikasi Sistem Pakar, Menentukan Faktor Kepastian Pengguna dengan Metode Kuantifikasi Pertanyaan*. Penerbit Andi. <https://books.google.co.id/books?id=eVLpMioxq8IC>
- Nur Adiya, A. Z. D., Anggraeni, D. L., & Ilham Albana. (2024). Analisa Perbandingan Penggunaan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD)). *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika*, 2(4), 122–134. <https://doi.org/10.61132/merkurius.v2i4.148>
- Pelupessy, P. R., Manaha, R. R. Y., Tuhuteru, H., Sumah, J., Nivaan, G. V., Tomasila, G., Siwalette, R., Rozy, A., & Sari, R. M. (2025). *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Serasi Media Teknologi. <https://books.google.co.id/books?id=yfM9EQAAQBAJ>
- Pratama, N., Munawaroh, & Zakaria, H. (2025). Sistem Otomatis Monitoring Dan Pengendalian Kekeruhan Air Berbasis Arduino Dengan Metode Fuzzy. *Informatika: Jurnal Teknik Informatika Dan Multimedia*, 5(1), 161–168. <https://doi.org/10.51903/bbzqc642>
- Pratama, N., & Zakaria, H. (2024). Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Mendiagnosa Kanker Prostat. *JORAPI : Journal of Research and Publication Innovation*, 2(3), 2348–2354. <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/1127>
- Putri, N. A., Siregar, M., Perwitasari, I. D., & Mayasari, S. (2024). *Aplikasi Diagnosa Penyakit Dan Hama Pohon Aren (Arenga Pinnata) Dengan Metode Certainty Factor*. Serasi Media Teknologi. <https://books.google.co.id/books?id=oTcyEQAAQBAJ>
- Rabbani, H. H. A., Jamaluddin, A., & Solehudin, A. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Jantung Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor Berbasis Website. *INFOTECH Journal*, 9(2), 442–451. <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i2.6401>
- Rezka, M., Anshori, A., & Zakaria, H. (2026). Implementation of PROMETHEE Method in Decision Support System for Student Competency Competition Participant Selection. *Bulletin Of Computer Science Research*, 6(4), 1205–1213. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v6i4.1145>
- Rinawati, R., Handayanna, F., Sihombing, E. G., Arisawati, E., & Affarel, M. (2026). Penerapan Program Sistem Pakar dalam Diagnosis Medis Penyakit Jantung Menggunakan Metode Certainty Factor. *Remik*, 10(1), 148–157. <https://doi.org/10.33395/remik.v10i1.15711>
- Simanjorang, R. M., Simangunsong, A., Arifin, M., Yamin, M., Informatika, T., & Pelita Nusantara, S. (2024). Penerapan Sistem Pakar Dalam Diagnosis Dini Penyakit Jantung Dengan Metode Sistem Inferensi Fuzzy. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*, 7(1), 131–142. <https://doi.org/10.55338/jikoms.v7i1.2844>