

FUZZFORWARD: IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR WEB ADAPTIF UNTUK PREDIKSI DIABETES TIPE 2 VIA FORWARD CHAINING FUZZIFIKASI PIMA DATASET

Puja M Alca, Ika Melinia Sapitri, Ibnu Putra, Rini Sovia
Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang
Jalan Raya Lubuk Begalung, Padang, Sumatera Barat
pujamalca09@gmail.com

ABSTRAK

Diabetes melitus tipe 2 merupakan penyakit kronis dengan *prevalensi* yang terus meningkat secara global dan menjadi penyebab utama komplikasi kardiovaskular serta gagal ginjal jika tidak terdeteksi secara dini. Permasalahan utama dalam diagnosis diabetes adalah data medis yang bersifat tidak pasti dan memiliki variasi antarindividu yang tidak dapat ditangani secara optimal menggunakan aturan tegas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *FUZZFORWARD*, sebuah sistem pakar web adaptif yang mengintegrasikan mekanisme *forward chaining* dengan proses *fuzzifikasi* untuk memprediksi risiko diabetes tipe 2. Metode penelitian meliputi analisis dataset Pima Indians Diabetes (768 record), perancangan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk 8 atribut klinis, penyusunan 45 basis aturan IF-THEN, implementasi sistem web menggunakan *framework* Streamlit, dan pengujian menggunakan *10-fold cross validation*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mencapai akurasi 69,66%, *specificity* 84,00%, *sensitivity* 42,91%, *precision* 58,97%, *F1-Score* 49,68%, dan *AUC-ROC* 0,6925. Sistem menunjukkan kemampuan baik dalam mengidentifikasi individu non-diabetes dengan transparansi proses inferensi yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu skrining awal diabetes tipe 2.

Kata kunci: Sistem Pakar, Forward Chaining, Logika Fuzzy, Diabetes Tipe 2, PIMA Dataset, Fuzzifikasi

1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus tipe 2 merupakan penyakit metabolik kronis yang prevalensinya terus meningkat secara global dan nasional. Peningkatan kasus ini berkaitan erat dengan perubahan gaya hidup, peningkatan prevalensi obesitas, serta penuaan populasi. Organisasi kesehatan internasional melaporkan bahwa lebih dari 90% kasus diabetes yang terdiagnosis merupakan diabetes melitus tipe 2, dengan tren peningkatan yang signifikan hingga dekade mendatang apabila tidak dilakukan upaya pencegahan dan deteksi dini yang efektif [1].

Permasalahan utama dalam penanganan diabetes melitus tipe 2 adalah rendahnya tingkat deteksi dini. Pada fase awal, penyakit ini sering tidak menimbulkan gejala yang jelas sehingga banyak pasien baru terdiagnosis setelah muncul komplikasi serius seperti penyakit kardiovaskular, gagal ginjal kronis, neuropati, dan gangguan penglihatan. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan kualitas hidup pasien serta meningkatkan beban biaya pelayanan kesehatan [2].

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan membuka peluang penerapan sistem pendukung keputusan dalam bidang kesehatan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah sistem pakar, yaitu sistem yang merepresentasikan pengetahuan seorang ahli ke dalam bentuk aturan logis sehingga dapat digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan medis. Sistem pakar dinilai sesuai untuk proses skrining penyakit karena memiliki alur penalaran yang transparan dan mudah dipahami oleh pengguna [3].

Namun demikian, sistem pakar konvensional berbasis aturan tegas memiliki keterbatasan dalam menangani data medis yang bersifat tidak pasti. Parameter klinis seperti kadar glukosa darah, indeks massa tubuh, dan tekanan darah sering berada pada rentang nilai yang tidak dapat diklasifikasikan secara pasti menggunakan batas crisp tunggal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian tersebut secara lebih fleksibel [4].

Logika fuzzy menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut karena mampu merepresentasikan nilai numerik ke dalam bentuk linguistik melalui fungsi keanggotaan. Integrasi logika fuzzy dengan sistem pakar berbasis forward chaining diharapkan mampu meningkatkan fleksibilitas dan akurasi sistem dalam memproses data klinis yang ambigu. Selain itu, implementasi sistem dalam bentuk aplikasi web adaptif memungkinkan akses yang lebih luas sebagai alat bantu skrining awal diabetes melitus tipe 2.

permasalahan penelitian ini difokuskan pada keterbatasan sistem pakar konvensional dalam menangani ketidakpastian data klinis diabetes melitus tipe 2. Selain itu, sebagian besar pendekatan prediksi diabetes menggunakan metode machine learning bersifat black-box sehingga sulit diinterpretasikan oleh tenaga medis dan pengguna awam. Permasalahan lainnya adalah belum optimalnya pemanfaatan integrasi forward chaining dan logika fuzzy dalam sistem pakar berbasis web untuk skrining diabetes menggunakan dataset standar.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem pakar hybrid berbasis web yang

mengintegrasikan metode forward chaining dengan proses fuzzifikasi untuk memprediksi risiko diabetes melitus tipe 2. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menangani ketidakpastian data klinis secara adaptif serta menghasilkan keputusan yang transparan dan mudah dipahami. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem menggunakan Pima Indians Diabetes Dataset (PIMA) sebagai dataset benchmark.

Rencana penyelesaian masalah diawali dengan studi literatur terkait sistem pakar medis, logika fuzzy, dan metode forward chaining. Tahap selanjutnya adalah analisis dataset PIMA untuk memahami karakteristik data dan atribut klinis yang relevan. Setelah itu dilakukan perancangan fungsi keanggotaan fuzzy, penyusunan basis aturan IF-THEN, serta implementasi mesin inferensi forward chaining dalam sistem berbasis web. Tahap akhir meliputi pengujian dan evaluasi sistem menggunakan metrik kinerja klasifikasi untuk memastikan keandalan sistem sebagai alat bantu skrining dini diabetes melitus tipe 2.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan sistem pakar dan metode kecerdasan buatan dalam mendeteksi penyakit diabetes. Supriyan dalam penelitiannya mengembangkan sistem pakar untuk diagnosis diabetes melitus menggunakan metode *forward chaining* dan menunjukkan bahwa inferensi berbasis aturan mampu memberikan hasil diagnosis awal yang cukup akurat untuk membantu proses asesmen medis [1]. Sistem tersebut menekankan pentingnya alur penalaran rule-based yang transparan bagi pengguna.

Selain itu, Fahmi merancang sistem pakar berbasis Android yang menerapkan *forward chaining* dalam menentukan status diabetes melitus dan menemukan bahwa model ini dapat memberikan informasi risiko dengan cepat meskipun menggunakan input gejala yang minimal [2]. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode berbasis rule dapat digunakan untuk mempermudah identifikasi awal penyakit pada masyarakat luas.

Pada penelitian lain, Kuncoro dan Purwono melakukan tinjauan sistematis terkait penerapan logika fuzzy untuk diagnosis diabetes dan penyakit metabolik lainnya. Hasilnya menunjukkan bahwa metode fuzzy terbukti efektif dalam mengolah nilai klinis yang bersifat tidak pasti atau kabur, seperti kadar glukosa dan tekanan darah, sehingga meningkatkan keakuratan klasifikasi risiko dibandingkan metode logika biner tradisional [3]. Penelitian tersebut menekankan bahwa fuzzy logic memberikan fleksibilitas untuk memproses data medis yang tidak memiliki batasan numerik tegas.

Sementara itu, dataset Pima Indians Diabetes (PIMA) juga banyak digunakan dalam penelitian prediksi diabetes. Berbagai studi *machine learning* melaporkan bahwa dataset ini cocok untuk pengembangan model diagnosis otomatis karena mencakup variabel klinis yang relevan dan dapat

diolah menggunakan metode statistika, fuzzy, maupun rule-based [8], [9]. Hal ini menunjukkan bahwa PIMA merupakan dataset standar yang sesuai untuk penelitian terkait prediksi diabetes, termasuk dalam pembangunan sistem pakar fuzzy seperti FUZZFORWARD.

2.1. Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan cabang kecerdasan buatan yang dirancang untuk meniru kemampuan pengambilan keputusan seorang pakar melalui representasi pengetahuan dalam bentuk aturan. Sistem ini terdiri dari basis pengetahuan, mesin inferensi, dan antarmuka pengguna. Dalam bidang kesehatan, sistem pakar banyak digunakan sebagai alat bantu diagnosis dan skrining penyakit karena mampu memberikan rekomendasi berdasarkan pengetahuan medis secara konsisten dan sistematis [3], [7].

2.2. Metode Forward Chaining

Metode forward chaining merupakan teknik inferensi yang bersifat data-driven, di mana proses penalaran dimulai dari fakta awal menuju kesimpulan. Setiap aturan IF-THEN akan dievaluasi berdasarkan kecocokan premis dengan fakta yang tersedia. Metode ini sesuai untuk aplikasi medis karena memungkinkan proses konsultasi dilakukan secara bertahap dan terstruktur [5].

2.3. Logika Fuzzy dan Fuzzifikasi

Logika fuzzy dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan logika klasik dalam menangani data yang bersifat tidak pasti. Melalui proses fuzzifikasi, nilai numerik diubah menjadi variabel linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks data medis yang memiliki variasi biologis antarindividu [4].

2.4. Sistem Pakar Fuzzy untuk Diagnosis Penyakit

Penggabungan metode fuzzy dengan sistem pakar berbasis *forward chaining* telah banyak digunakan dalam proses diagnosis penyakit. Pendekatan ini mampu memperhalus batas antar nilai medis sehingga keputusan yang dihasilkan lebih adaptif terhadap kondisi pasien. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fuzzifikasi dapat meningkatkan akurasi prediksi dan fleksibilitas sistem, terutama pada penyakit yang memiliki variabilitas data tinggi seperti diabetes tipe 2 [6]. Integrasi kedua pendekatan ini menghasilkan sistem pakar yang mampu memberikan penilaian risiko secara lebih mendekati realitas.

2.5. Prediksi Diabetes Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 adalah penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh resistensi insulin dan peningkatan kadar glukosa darah. Deteksi dini diperlukan untuk mencegah komplikasi jangka panjang. Pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan

dalam diagnosis diabetes telah berkembang pesat, baik melalui pendekatan *machine learning*, sistem pakar berbasis aturan, maupun model fuzzy [5], [6]. Sistem pakar sering dipilih karena transparansi aturan dan kemudahan interpretasinya bagi tenaga medis maupun pengguna umum.

2.6. Pima Indians Diabetes Dataset (PIMA)

Pima Indians Diabetes Dataset (PIMA) merupakan salah satu dataset paling populer yang digunakan dalam penelitian prediksi diabetes. Dataset ini berisi delapan atribut klinis yang berkaitan dengan risiko diabetes, seperti jumlah kehamilan, kadar glukosa, tekanan darah diastolik, ketebalan kulit, insulin, indeks massa tubuh, fungsi keturunan diabetes, dan usia [10]. Dataset ini banyak digunakan sebagai *benchmark* dalam penelitian karena struktur datanya terstandarisasi dan telah divalidasi secara internasional, sehingga sangat sesuai digunakan untuk pengembangan sistem pakar fuzzy untuk prediksi diabetes.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan membangun sistem pakar berbasis web adaptif bernama FUZZFORWARD. Sistem ini memadukan proses fuzzifikasi dan mesin inferensi *forward chaining* untuk memprediksi risiko diabetes tipe 2. Tahapan penelitian dirancang mulai dari pengolahan dataset, perancangan fungsi keanggotaan, penyusunan basis aturan, hingga implementasi sistem web.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Metodologi penelitian pada sistem ini terdapat 5 tahap proses dan sub proses yang harus dilalui. Berikut Gambaran dari metodologi penelitiannya.

3.1. Pengumpulan Data

Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data, yaitu pengambilan dataset Pima Indians Diabetes

yang berisi data klinis pasien sebagai dasar pengolahan dan analisis. Dataset ini dipilih karena memiliki atribut medis yang relevan dan telah banyak digunakan dalam penelitian prediksi diabetes.

3.2. Praproses Data

Praproses data yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas data sebelum diproses lebih lanjut. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan data, penanganan nilai tidak valid atau kosong, serta penyesuaian nilai ekstrem sehingga data yang digunakan siap untuk proses fuzzifikasi. Praproses data menjadi tahap penting agar sistem dapat menghasilkan inferensi yang akurat dan konsisten.

3.3. Perancangan Fuzzifikasi

Setelah data dipersiapkan, dilakukan perancangan fuzzifikasi, yaitu proses konversi nilai numerik menjadi variabel linguistik seperti rendah, normal, dan tinggi menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy. Tahap ini bertujuan untuk menangani ketidakpastian dan variasi nilai pada data medis sehingga representasi data menjadi lebih fleksibel dan mendekati kondisi nyata pasien.

3.4. Penyusunan Basis Aturan

Tahap selanjutnya adalah penyusunan basis aturan, di mana aturan-aturan berbentuk IF-THEN dirancang berdasarkan literatur medis dan pola hubungan antaratribut dalam dataset. Basis aturan ini berfungsi sebagai pengetahuan sistem yang digunakan untuk melakukan proses inferensi dalam menentukan tingkat risiko diabetes.

3.5. Mesin Forward Chaining

Pada tahap mesin forward chaining, sistem melakukan proses penalaran secara *data-driven* dengan mencocokkan fakta hasil fuzzifikasi terhadap aturan yang tersedia. Mesin inferensi akan menelusuri aturan-aturan yang relevan hingga diperoleh kesimpulan berupa tingkat risiko diabetes tipe 2.

3.6. Implementasi web FUZZFORWARD

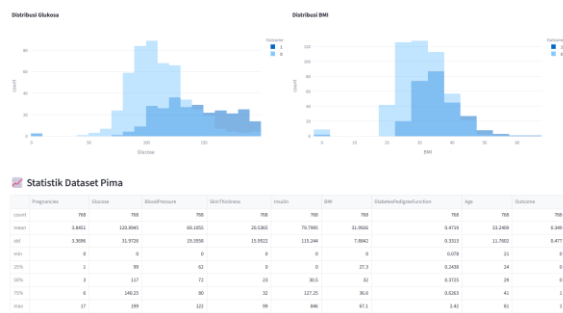
Hasil inferensi tersebut kemudian diintegrasikan pada tahap implementasi web FUZZFORWARD, yaitu pengembangan sistem pakar dalam bentuk aplikasi web adaptif. Sistem ini memungkinkan pengguna memasukkan data klinis dan memperoleh hasil prediksi secara langsung melalui antarmuka web yang responsif.

3.7. Pengujian Sistem

Tahap akhir dalam alur penelitian adalah pengujian sistem, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan sistem FUZZFORWARD. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fungsi sistem berjalan dengan baik serta hasil prediksi yang dihasilkan sesuai dengan data dan aturan yang telah ditetapkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Dataset



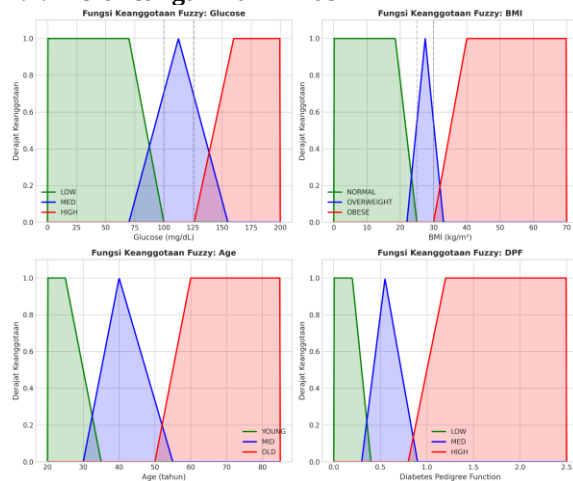
Gambar 2. Distribusi Kelas Outcome Dataset PIMA

Dataset Pima Indians Diabetes terdiri dari 768 record dengan 8 atribut klinis. Distribusi kelas menunjukkan ketidakseimbangan, yaitu 500 record (65,1%) non-diabetes dan 268 record (34,9%) diabetes. Analisis korelasi menunjukkan atribut Glucose memiliki korelasi tertinggi dengan outcome ($r=0,467$), diikuti BMI ($r=0,293$) dan Age ($r=0,238$).

Tabel 1. Statistik Deskriptif dan Korelasi Atribut Utama

Atribut	Mean	Std	Min	Max	Korelasi (r)
Glucose (mg/dL)	120.89	31.97	0	199	467
BMI (kg/m ²)	31.99	7.88	0	67.1	293
Age (tahun)	33.24	11.76	21	81	238
Pregnancies	3.85	3.37	0	17	222
DiabetesPedigreeFunction	0.47	0.33	0.08	2.42	174
Insulin (μU/ml)	79.80	115.24	0	846	131

4.2. Perancangan Fuzzifikasi



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Fuzzy Atribut Utama

Proses fuzzifikasi mengonversi nilai numerik menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan triangular. Rentang nilai ditentukan berdasarkan standar medis WHO dan ADA.

Tabel 2. Rentang Nilai Fuzzifikasi

Atribut	LOW/NORMAL/YOUNG	MED/OW/MID	HIGH/OBESE/OLD
Glucose (mg/dL)	0-99	100-125	126-199
BMI (kg/m ²)	0-25	25.1-30	30.1-67
Age (tahun)	21-30	31-50	51-81
Insulin (μU/ml)	0-50	51-200	201-846

4.3. Basis Aturan Forward Chaining

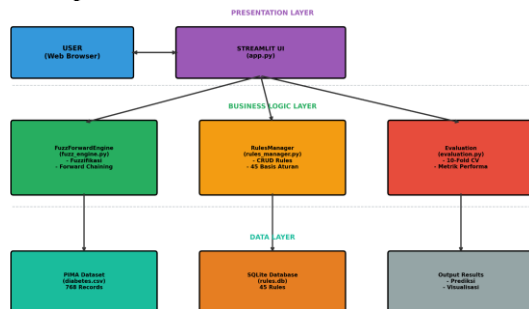
Sistem menggunakan 45 aturan IF-THEN dengan dua premis dan satu konklusi. Nilai Certainty Factor (CF) dihitung dengan formula: $CF_{combined} = CF_{premis1} \times CF_{premis2} \times CF_{rule}$.

Tabel 3. Sampel Basis Aturan Forward Chaining

Rule	IF (Premis)	THEN	CF
R1	GLUCOSE:HIGH AND BMI:OBESE	DIABETES:HIGH	0.95
R2	AGE:OLD AND INSULIN:HIGH	DIABETES:HIGH	0.92
R5	BMI:OBESE AND AGE:OLD	DIABETES:HIGH	0.90
R6	GLUCOSE:MED AND BMI:OW	DIABETES:MED	0.70
R9	BMI:NORMAL AND GLUCOSE:LOW	DIABETES:LOW	0.15

Klasifikasi risiko: HIGH ($CF \geq 0.70$), MEDIUM ($0.40 \leq CF < 0.70$), LOW ($CF < 0.40$).

4.4. Implementasi Sistem

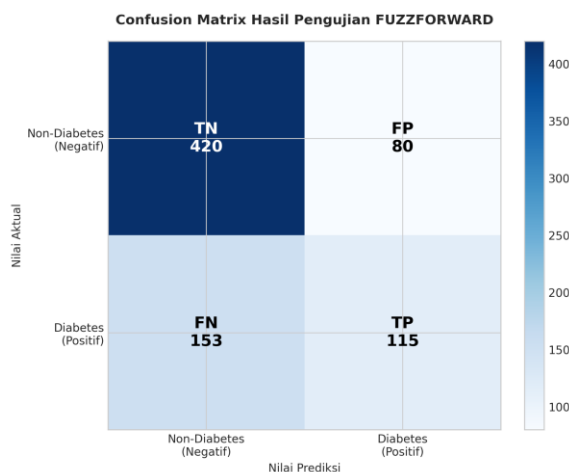


Gambar 4. Arsitektur Sistem FUZZFORWARD

Sistem diimplementasikan menggunakan framework Streamlit dengan arsitektur three-tier: FuzzForwardEngine (fuzzifikasi dan inferensi), RulesManager (pengelolaan 45 aturan di SQLite), dan Evaluation Module (10-fold cross validation).

4.5. Pengujian dan Evaluasi

Berdasarkan confusion matrix hasil pengujian, sistem menghasilkan True Negative (TN) sebanyak 420, False Positive (FP) sebanyak 80, False Negative (FN) sebanyak 153, dan True Positive (TP) sebanyak 115. Nilai TN yang tinggi menunjukkan sistem mampu mengidentifikasi individu non-diabetes dengan baik (specificity 84%), namun nilai FN yang cukup besar mengindikasikan sistem masih melewatkan beberapa kasus diabetes (sensitivity 42,91%).



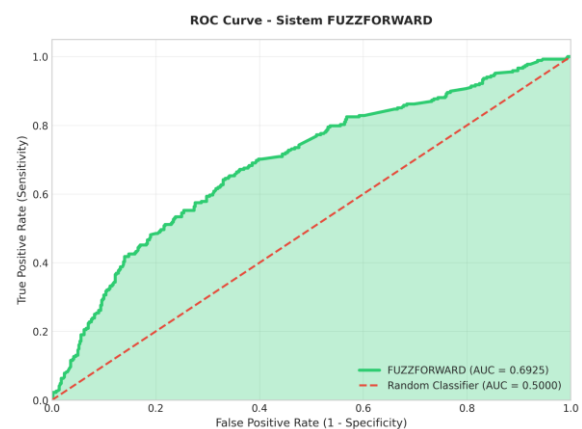
Gambar 5. Confusion Matrix Hasil Pengujian

Pengujian menggunakan 10-fold cross validation pada 768 record dataset PIMA.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Sistem FUZZFORWARD

Metrik	Nilai	Keterangan
Accuracy	69.66%	Proporsi prediksi benar keseluruhan
Specificity	84.00%	Kemampuan deteksi non-diabetes (TN=420 FP=80)
Sensitivity	42.91%	Kemampuan deteksi diabetes (TP=115 FN=153)
Precision	58.97%	Proporsi prediksi positif yang benar
F1-Score	49.68%	Harmonic mean precision dan recall
AUC-ROC	6.925	Kemampuan diskriminatif sistem

Hasil evaluasi sistem FUZZFORWARD menunjukkan akurasi 69,66% yang berarti sekitar 70% prediksi sistem adalah benar. Specificity 84,00% menunjukkan kemampuan sistem yang baik dalam mendeteksi individu non-diabetes, sedangkan sensitivity 42,91% mengindikasikan kemampuan mendeteksi pasien diabetes yang masih perlu ditingkatkan. Precision 58,97% menunjukkan bahwa dari seluruh prediksi positif, sekitar 59% benar-benar diabetes. F1-Score 49,68% merupakan nilai keseimbangan antara precision dan recall.



Gambar 6. ROC Curve Sistem FUZZFORWARD

Sementara AUC-ROC 0,6925 menunjukkan kemampuan diskriminatif sistem berada pada kategori cukup baik.

4.6. Pembahasan

Sistem FUZZFORWARD menunjukkan specificity tinggi (84%) yang mengindikasikan kemampuan baik dalam mengidentifikasi individu non-diabetes, penting untuk menghindari false alarm. Namun, sensitivity (42,91%) masih perlu ditingkatkan untuk konteks skrining medis. Akurasi 69,66% sebanding dengan penelitian serupa oleh Supiyan [1] yang melaporkan akurasi 75% dan berada dalam rentang wajar sistem fuzzy (65-80%) menurut tinjauan Kuncoro dan Purwono [3].

Keunggulan sistem terletak pada transparansi inferensi yang menampilkan aturan terpucuk dan proses pengambilan keputusan, serta kemampuan menangani

ketidakpastian data klinis melalui pendekatan fuzzy. Keterbatasan utama adalah sensitivity rendah dan ketergantungan pada kualitas basis aturan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan FUZZFORWARD, sistem pakar web adaptif untuk prediksi risiko diabetes tipe 2 menggunakan integrasi forward chaining dengan fuzzifikasi pada dataset PIMA (768 record). Sistem diimplementasikan menggunakan Streamlit dengan 45 basis aturan IF-THEN berbasis literatur medis. Hasil pengujian 10-fold cross validation menunjukkan akurasi 69,66%, specificity 84,00%, sensitivity 42,91%, precision 58,97%, F1-Score 49,68%, dan AUC-ROC 0,6925. Sistem menunjukkan kemampuan baik dalam mengidentifikasi individu non-diabetes dengan transparansi proses inferensi tinggi. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan meningkatkan sensitivity melalui penyempurnaan basis aturan dengan melibatkan pakar medis, menambahkan penanganan missing values, mengintegrasikan metode machine learning hibrida untuk optimasi certainty factor, serta melakukan validasi klinis dengan data pasien riil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Supiyan, "Pengembangan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus Menggunakan Metode Forward Chaining," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 918–927, Apr. 2025. doi:10.32877/bt.v7i3.2244.
- [2] D. A. Nawangnugraen, "Sistem Pakar Diagnosis Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android," *Komputika*, vol. 10, no. 1, pp. 19–27, Mar. 2021. doi:10.34010/komputika.v10i1.3553.
- [3] D. F. Kuncoro and P. Purwono, "Penerapan Logika Fuzzy dalam Penanganan Penyakit Diabetes: Sistematis Literatur Review," *Jurnal Kolaborasi Riset Sarjana*, 2024.
- [4] N. H. Saeedi et al., "Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045," *Diabetes Research and Clinical Practice*, vol. 157, pp. 107843, 2020. doi:10.1016/j.diabres.2019.107843.
- [5] R. K. Gupta et al., "Economic burden of diabetes and its complications," *Healthcare*, vol. 9, no. 3, 2021. doi:10.3390/healthcare9030289.
- [6] M. A. Hossain et al., "Clinical decision support systems in healthcare," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 22859–22871, 2020. doi:10.1109/ACCESS.2020.2969078.
- [7] A. T. Azar et al., "Fuzzy logic-based medical decision support systems," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 110, pp. 101988, 2020. doi:10.1016/j.artmed.2020.101988.
- [8] R. Guidotti et al., "A survey of methods for explaining black box models," *ACM Computing Surveys*, vol. 54, no. 2, 2021. doi:10.1145/3436370.
- [9] S. R. Prasad et al., "Comparative analysis of machine learning algorithms for diabetes prediction," *Journal of Big Data*, vol. 8, no. 1, 2021. doi:10.1186/s40537-021-00425-5.
- [10] "Pima Indians Diabetes Database," Kaggle. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/uciml/pima-indians-diabetes-database>