

Sistem Pakar Deteksi Dini Preeklamsia Menggunakan *Hybrid Fuzzy Tsukamoto* dan *Certainty Factor*

Expert System for Early Detection of Preeclampsia Using Hybrid Fuzzy Tsukamoto and Certainty Factor

Fachruddin Fahma Khoiri¹, Fatimatuzzahra^{1*}, Khen Dedes¹

Zilvanhisna Emka Fitri¹, Nadzirotul Fitriyah²

¹Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

²Universitas Ibrahimy, Situbondo, Indonesia

Informasi Artikel:

Diterima: 23 April 2026, Direvisi: 7 Juni 2026, Disetujui: 28 Juni 2026

Abstrak-

Latar Belakang: Preeklamsia adalah komplikasi kehamilan pemicu utama kematian ibu dan bayi di Indonesia, namun skrining manual terkendala waktu, keterbatasan medis, dan subjektivitas gejala.

Tujuan: Mengembangkan sistem pakar berbasis *web* untuk deteksi dini risiko preeklamsia.

Metode: Menerapkan metode *hybrid Fuzzy Tsukamoto* dan *Certainty Factor* (CF). *Fuzzy Tsukamoto* mengolah data klinis numerik (tekanan darah, protein urin), sedangkan CF menghitung tingkat keyakinan gejala subjektif (sakit kepala, gangguan penglihatan). Prosesnya meliputi fuzzifikasi, evaluasi *rule*, defuzzifikasi (*weighted average*), dan penggabungan nilai CF untuk hasil akhir.

Hasil: Diagnosis sistem sepenuhnya sesuai dengan penilaian dokter spesialis. Pada salah satu kasus, sistem mendiagnosis preeklamsia berat dengan keyakinan 82,04%, hanya selisih 2,04% dari akurasi pakar (80%).

Kesimpulan: Dengan demikian, sistem pakar *hybrid* ini terbukti valid dan layak digunakan sebagai alat bantu skrining awal (*early detection*) preeklamsia sebelum dilakukan pemeriksaan medis lebih lanjut.

Kata Kunci: Certainty Factor, Deteksi Dini, Fuzzy Tsukamoto, Preeklamsia, Sistem Pakar, Website.

Abstract-

Background: Preeclampsia is a pregnancy complication that is the main cause of maternal and infant mortality in Indonesia, but manual screening is constrained by time, medical limitations, and subjective symptoms.

Objective: To develop a web-based expert system for the early detection of preeclampsia risk.

Methods: Applying a hybrid method of Fuzzy Tsukamoto and Certainty Factor (CF). Fuzzy Tsukamoto processes numerical clinical data (blood pressure, urine protein), while CF calculates the confidence level of subjective symptoms (headache, visual disturbances). The process includes fuzzification, rule evaluation, defuzzification (*weighted average*), and combining CF values for the final result.

Result: The system diagnosis completely matches the specialist doctor's assessment. In one case, the system diagnosed severe preeclampsia with 82.04% confidence, a difference of only 2.04% from the expert accuracy (80%).

Conclusion: Thus, this hybrid expert system is proven valid and feasible for use as an early detection screening tool for preeclampsia before further medical examination.

Keywords: Certainty Factor, Early Detection, Fuzzy Tsukamoto, Expert System, Preeclampsia, Website.

Penulis Korespondensi:

Fatimatuzzahra,
Program Studi Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember,
Email: fatimatuzzahra@polije.ac.id

How to Cite: F. F. Khoiri, F. Fatimatuzzahra, K. Dedes, Z. E. Fitri, & N. Fitriyah, "Sistem Pakar Deteksi Dini Preeklamsia Menggunakan *Hybrid Fuzzy Tsukamoto* dan *Certainty Factor*," *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, vol. 8, no. 1, pp 29–42, Jun 2026. DOI: [10.30812/bite.v8i1.6579](https://doi.org/10.30812/bite.v8i1.6579).

This is an open access article under the CC BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. PENDAHULUAN

Preeklamsia merupakan salah satu komplikasi kehamilan berbahaya yang menjadi penyebab utama tingginya angka kematian ibu dan janin. Berdasarkan laporan penelitian klinis terbaru, angka kematian ibu di Indonesia masih cukup tinggi, di mana sebagian besar di antaranya secara konsisten disebabkan oleh komplikasi hipertensi dalam kehamilan seperti preeklamsia dan eklamsia [1], [2]. Pada umumnya, deteksi dini dilakukan melalui pemeriksaan rutin di fasilitas kesehatan yang masih sangat bergantung pada pengalaman tenaga medis serta mengharuskan pasien datang langsung, sehingga kondisi geografis dan kurangnya pemahaman dapat menyebabkan keterlambatan penanganan.

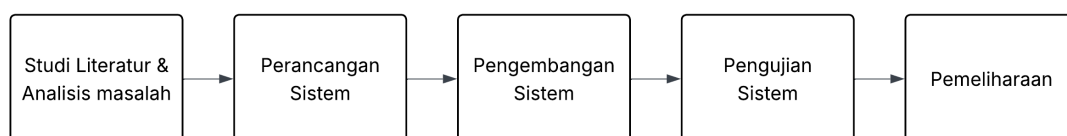
Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, sistem pakar menjadi solusi efektif untuk meniru kemampuan pengambilan keputusan pakar medis. Kajian literatur menunjukkan berbagai upaya pengembangan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit kehamilan, seperti integrasi algoritma berbasis *Certainty Factor* (CF) maupun Dempster-Shafer untuk mengukur tingkat keyakinan diagnosis pakar secara matematis [3], [4], [5]. Penelitian spesifik mengenai deteksi kehamilan dan antarmuka *web* juga terus dikembangkan guna memfasilitasi akses pengguna jarak jauh [6].

Namun, penggunaan metode tunggal sering kali menghasilkan *dead zone* atau kurang presisi saat memproses data gejala medis yang bersifat kontinu (numerik) dan ambigu secara bersamaan. Penelitian terbaru membuktikan bahwa pendekatan logika Fuzzy Tsukamoto terbukti sangat presisi dalam mengelola ketidakpastian parameter numerik pada sistem pakar medis [7], [8], [9], [10]. Di sisi lain, metode *Certainty Factor* terbukti sangat andal dalam menangani kepastian subjektif dari diagnosis pakar melalui evaluasi basis aturan (*rule-based if-then*) [11], [12].

Penggabungan logika Fuzzy untuk parameter kuantitatif dan *Certainty Factor* untuk klasifikasi kepastian pakar telah terbukti signifikan dalam meningkatkan akurasi diagnosis penyakit dibandingkan metode tunggal. Berdasarkan celah tersebut, pernyataan kebaruan ilmiah dalam penelitian ini adalah pengembangan sistem pakar deteksi dini preeklamsia menggunakan pendekatan *hybrid* komputasi yang menggabungkan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto* dan *Certainty Factor* secara terintegrasi.

2. METODE PENELITIAN

Agar penelitian dapat terarah dan tujuan tercapai, penulis menggunakan desain pengembangan sistem dengan model pendekatan *Waterfall* [13], yang tahapan penelitiannya secara berurutan meliputi: studi literatur dan analisis masalah, perancangan sistem, pengembangan sistem, pengujian sistem, hingga pemeliharaan (*maintenance*). Rincian alur tahapan *Waterfall* tersebut divisualisasikan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Waterfall

Penelitian ini dilakukan secara sekuensial, dimulai dari identifikasi dan perumusan masalah terkait deteksi dini preeklamsia pada ibu hamil. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dan akuisisi pengetahuan dari pakar serta berbagai sumber literatur yang relevan. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk merancang basis pengetahuan, aturan sistem, dan model perhitungan menggunakan metode *Certainty Factor* dan Fuzzy Tsukamoto. Setelah tahap perancangan selesai, sistem diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis *web* dan dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja serta kesesuaian hasil sistem dengan pengetahuan pakar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis

Dalam penelitian ini, diagnosis tingkat risiko preeklamsia pada ibu hamil diklasifikasikan ke dalam dua tingkatan utama. Daftar kode dan nama tingkatan penyakit tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Kinerja sistem

Kode Penyakit	Nama Penyakit
P01	Preeklamsia Ringan
P02	Preeklamsia Berat

Proses komputasi *hybrid* diawali dengan mengolah variabel medis yang bersifat numerik dan kontinu. Tabel 2 menunjukkan variabel-variabel *fuzzy* yang digunakan, meliputi tekanan darah sistolik, diastolik, dan protein urine, lengkap dengan nama himpunan serta batasan *domain*-nya masing-masing. Batasan *domain* medis ini secara ketat mengacu pada standar diagnosis klinis preeklamsia internasional yang menetapkan ambang batas risiko pada tekanan darah sistolik ≥ 140 mmHg atau diastolik ≥ 90 mmHg, serta evaluasi rasio protein urine [14].

Tabel 2. Himpunan Fuzzy

No	Variabel	Himpunan fuzzy	Domain
1	Tekanan darah sistolik	Normal	[130 - 140]
		Sedang	[135 - 150 - 160]
		Tinggi	[150 - 170]
2	Tekanan darah diastolik	Normal	[80 - 90]
		Sedang	[85 - 95 - 110]
		Tinggi	[100 - 110]
3	Protein urin	Normal	[0 - 20]
		Positif 1	[0 - 30 - 100]
		Positif 2	[70 - 100]

Selain data numerik, sistem juga mengakomodasi gejala klinis subjektif yang dirasakan oleh ibu hamil. Gejala-gejala kualitatif tersebut dikelompokkan sebagai himpunan *non-fuzzy* dengan pilihan kondisi tegas (Ya atau Tidak), sebagaimana dijabarkan pada Tabel 3. Keluhan utama seperti sakit kepala berat yang tidak mereda, gangguan penglihatan, dan nyeri ulu hati merupakan indikator kuat terjadinya komplikasi hipertensi dan preeklamsia pada masa kehamilan [15].

Tabel 3. Himpunan non-Fuzzy

No	Variabel	Non fuzzy	Domain
1	Sakit kepala berat	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
2	Gangguan penglihatan, seperti pandangan kabur atau sensitive terhadap cahaya	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
3	Nyeri di ulu hati	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
4	Sesak nafas	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
5	Frekuensi buang air kecil menurun	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
6	Mual dan muntah	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
7	Janin tidak tumbuh secara optimal	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]
8	Kejang	Ya	[0 - 1]
		Tidak	[0 - 1]

Untuk mengakomodasi ketidakpastian dari jawaban subjektif pengguna, sistem menerapkan pembobotan menggunakan metode *Certainty Factor*. Tingkat keyakinan pengguna beserta konversi nilai derajat keanggotaannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Himpunan Fuzzy

Himpunan non fuzzy	Derajat keanggotaan
Sangat Yakin	1
Yakin	0.8
Cukup Takin	0.4
Tidak Yakin	0.2
Sangat Tidak Yakin	0

Validasi Pakar

Pada tahap ini, penentuan bobot nilai keyakinan awal pakar pada masing-masing gejala merujuk pada literatur medis terkait diagnosis preeklamsia yang dilakukan oleh Tarigan dkk. (2024), yang kemudian diverifikasi dan divalidasi kembali kesesuaiannya oleh pakar yang terlibat dalam penelitian ini. Pakar memberikan persetujuan terhadap nilai CF pada masing-masing gejala dengan rentang nilai 0 sampai 1. Semakin besar nilai CF, semakin tinggi tingkat keyakinan terhadap keterkaitan gejala tersebut dengan kondisi preeklamsia. Rincian nilai CF pakar untuk masing-masing gejala yang diimplementasikan ke dalam basis pengetahuan sistem ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai CF Pakar per Gejala

No	Nama Gejala	CF Pakar
1	Tekanan darah sistolik	0.6
2	Tekanan darah diastolic	0.6
3	Protein urin	0.8
4	Sakit kepala parah	0.4
5	Gangguan penglihatan, seperti pandangan kabur atau sensitive terhadap cahaya	0.6
6	Nyeri ulu hati	1
7	Sesak nafas	0.4
8	Frekuensi buang air kecil menurun	0.6
9	Mual dan muntah	0.2
10	Janin tidak tumbuh secara optimal	1
11	Kejang	1

Dalam menghitung nilai keyakinan untuk sebuah *rule* yang memuat lebih dari satu kombinasi gejala, penelitian ini menerapkan modifikasi perhitungan pada metode *Certainty Factor*. Modifikasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan nilai rata-rata (*average*) dari seluruh nilai CF gejala yang menyusun *rule* tersebut. Pendekatan ini digunakan karena pada kasus diagnosis sindrom medis seperti preeklamsia, kemunculan beberapa gejala secara bersamaan memberikan kontribusi risiko secara holistik. Rumus perhitungan modifikasi nilai CF pada *rule* adalah sebagai berikut:

$$CF_{Rule} = \frac{\sum CF_{Gejala}}{Jumlah\ Gejala}$$

Selain melakukan validasi terhadap nilai CF pada setiap gejala, pakar juga melakukan validasi terhadap basis pengetahuan berupa *rule* diagnosis yang digunakan dalam sistem. Hasil validasi menunjukkan bahwa *rule* yang disusun telah sesuai dengan kaidah diagnosis preeklamsia dan dapat digunakan sebagai dasar proses inferensi pada sistem. Rincian *rule* yang sudah divalidasi oleh pakar dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 6. Rule yang diperoleh dari Pakar

No.	Kode Rule	Gejala	Kategori	CF
19	R019	IF Tekanan darah diastolik (TINGGI) AND Protein urin (POSITIF 1) AND Nyeri di ulu hati (YA) AND Frekuensi buang air kecil menurun (YA) THEN Preeklamsia Ringan	Sedang	0.75
20	R020	IF Tekanan darah sistolik (TINGGI) AND Tekanan darah diastolik (TINGGI) AND Protein urin (POSITIF 1) AND Mual dan Muntah Berlebihan (YA) THEN Preeklamsia Ringan	Sedang	0.75

No.	Kode Rule	Gejala	Kategori	CF
21	R021	IF Tekanan darah sistolik (SANGAT TINGGI) AND Tekanan darah diastolik (SANGAT TINGGI) AND Protein urin (POSITIF 2) THEN Preeklamsia Berat	Berat	0.67
22	R022	IF Tekanan darah sistolik (SANGAT TINGGI) AND Tekanan darah diastolik (SANGAT TINGGI) AND Protein urin (POSITIF 2) AND Sakit kepala berat (YA) THEN Preeklamsia Berat	Berat	0.60
23	R023	IF Tekanan darah sistolik (SANGAT TINGGI) AND Protein urin (POSITIF 2) AND Gangguan penglihatan (YA) AND Nyeri di ulu hati (YA) THEN (terpotong, kemungkinan "Preeklamsia Berat")	Berat	0.75

Mesin Inferensi dan Perhitungan Hybrid

Pada tahap ini diuraikan proses mesin inferensi yang menggabungkan metode *Fuzzy Tsukamoto* dengan *Certainty Factor* (CF) untuk mendiagnosis preeklamsia. Proses komputasi ini mengeksekusi data masukan pasien berdasarkan skenario studi kasus berikut:

Seorang pasien memiliki gejala sebagai berikut:

- Tekanan Darah Sistolik 175 mmHg
- Tekanan Darah Diastolik 115 mmHg
- Protein Urin 100 mg/dL
- Sakit Kepala Berat = Ya → Tingkat keyakinan: Yakin (CF = ,8)

Berdasarkan studi kasus di atas, pasien menunjukkan kondisi klinis berupa tekanan darah sistolik yang tergolong sangat tinggi, tekanan darah diastolik yang tergolong sangat tinggi, hasil pemeriksaan protein urin positif 2, serta keluhan sakit kepala berat (YA). Berdasarkan kondisi tersebut, dapat digunakan *rule* yang sesuai pada Tabel 6, yaitu *Rule* 21 (R021) dan *Rule* 22 (R022), karena premis pada kedua *rule* tersebut terpenuhi oleh data studi kasus. *Rule* 21 menghasilkan kesimpulan Preeklamsia Berat dengan nilai CF pakar sebesar ,67, sedangkan *Rule* 22 juga menghasilkan kesimpulan yang sama yaitu Preeklamsia Berat dengan nilai CF pakar sebesar ,60. Karena kedua *rule* memiliki kesimpulan (konklusi) yang identik, kedua nilai CF tersebut perlu dikombinasikan menggunakan rumus kombinasi CF untuk memperoleh satu nilai keyakinan akhir. *Rule* yang digunakan sebagai berikut:

1. *Rule* 21 (R021)

IF Sistolik (Sangat Tinggi) AND Diastolik (Sangat Tinggi) AND Protein Urin (Positif 2) THEN Risiko Tinggi CF = ,67

2. *Rule* 22 (R022)

IF Sistolik (Sangat Tinggi) AND Diastolik (Sangat Tinggi) AND Protein Urin (Positif 2) AND Sakit Kepala Berat (Ya) THEN Risiko Tinggi CF = ,60

Langkah 1: Fuzzifikasi

Tahap pertama dalam perhitungan adalah melakukan fuzzifikasi, yaitu mengonversi nilai *crisp* (nilai numerik hasil pemeriksaan pasien) ke dalam derajat keanggotaan pada setiap himpunan *fuzzy* yang telah didefinisikan sebelumnya.

Tekanan Darah Sistolik ($X = 175$)

Nilai tekanan darah sistolik pasien tercatat sebesar 175 mmHg. Karena nilai tersebut berada pada rentang $X \geq 170$, maka pasien termasuk sepenuhnya ke dalam himpunan sistolik tinggi, sehingga diperoleh derajat keanggotaan:

$$\mu(\text{sistolik normal}) = 0, \quad \mu(\text{sistolik sedang}) = 0, \quad \mu(\text{sistolik tinggi}) = 1$$

Tekanan Darah Diastolik ($X = 115$)

Nilai tekanan darah diastolik pasien tercatat sebesar 115 mmHg. Karena nilai tersebut berada pada rentang $X \geq 110$, maka derajat keanggotaan pasien pada himpunan diastolik tinggi bernilai 1 secara penuh, sedangkan pada himpunan normal dan sedang bernilai nol:

$$\mu(\text{diastolik normal}) = 0, \quad \mu(\text{diastolik sedang}) = 0, \quad \mu(\text{diastolik tinggi}) = 1$$

Protein Urin G3 ($X = 100$)

Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai protein urin sebesar 100. Karena nilai tersebut berada pada rentang $X \geq 100$, maka hasil pemeriksaan termasuk ke dalam kategori Positif 2 dengan derajat keanggotaan penuh, sedangkan kategori negatif dan positif 1 bernilai nol:

$$\mu(\text{negatif}) = 0, \quad \mu(\text{positif 1}) = 0, \quad \mu(\text{positif 2}) = 1$$

Sakit Kepala Berat G4 (Input = Ya, CF User = 0,8)

Berbeda dengan tiga variabel sebelumnya yang bersifat numerik, gejala sakit kepala berat merupakan variabel kualitatif yang diinput oleh pengguna dalam bentuk pilihan "Ya/Tidak". Karena pasien menjawab "Ya", maka derajat keanggotaannya bernilai penuh:

$$\mu(ya) = 1$$

Selanjutnya, nilai keyakinan pengguna terhadap gejala ini (CF User) ditetapkan sebesar 0,8. Nilai CF gejala diperoleh dengan mengalikan derajat keanggotaan dengan CF User tersebut:

$$CF_{\text{gejala}} = \mu(ya) \times CF_{\text{user}}, \quad CF_{\text{gejala}} = 1 \times 0,8 = 0,8$$

Langkah 2: Evaluasi Aturan (*Rule Evaluation*)

Berdasarkan hasil fuzzifikasi di atas, terdapat dua aturan yang aktif karena seluruh premisnya terpenuhi oleh data studi kasus, yaitu *Rule 21* dan *Rule 22*.

Rule 21 (R021)

IF Sistolik (Sangat Tinggi) AND Diastolik (Sangat Tinggi) AND Protein Urin (Positif 2) THEN Risiko Tinggi

Bobot Aturan Pakar (W_{21}) = ,67

Nilai firing strength (α_{predikat}) diperoleh dengan mengambil nilai minimum dari derajat keanggotaan seluruh premis yang dihubungkan operator AND.

Nilai firing strength (z_{21}) = $\min(1,0; 1,0; 1,0) = 1,0$

Rule 22 (R022)

IF Sistolik (Sangat Tinggi) AND Diastolik (Sangat Tinggi) AND Protein Urin (Positif 2) AND Sakit Kepala Berat (Ya) THEN Risiko Tinggi

Bobot Aturan Pakar (W_{22}) = ,60

Pada *rule* ini, nilai CF_{gejala} (,8) yang telah dihitung sebelumnya turut disertakan sebagai salah satu komponen dalam fungsi minimum, sehingga:

Nilai firing strength (z_{22}) = $\min(1,0; 1,0; 1,0; ,8) = ,8$

Langkah 3: Defuzzifikasi

Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai tegas (*crisp*) tingkat kepastian kondisi pasien (Z) menggunakan metode *Weighted Average*, yaitu dengan membobotkan setiap nilai *firing strength* terhadap bobot aturan pakarnya masing-masing:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{(z_{21} \times W_{21}) + (z_{22} \times W_{22})}{W_{21} + W_{22}} \\ Z &= \frac{(1,0 \times 0,67) + (0,8 \times 0,60)}{0,67 + 0,60} \\ Z &= \frac{0,67 + 0,48}{1,27} \\ Z &= \frac{1,15}{1,27} \\ Z &= 0,9055 \end{aligned}$$

Langkah 4: Menghitung Keyakinan Aturan (*Certainty Factor Rule*)

Setelah diperoleh nilai Z dari proses defuzzifikasi, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai CF akhir untuk masing-masing *rule* dengan mengalikan nilai Z tersebut dengan bobot aturan pakar (W) pada *rule* yang bersangkutan. Perhitungan ini bertujuan untuk merepresentasikan kontribusi keyakinan setiap *rule* terhadap hasil akhir diagnosis:

$$\text{CF Akhir Rule 21} = Z \times \text{Bobot Aturan } W_{21} = ,9055 \times 0,67 = 0,6067$$

$$\text{CF Akhir Rule 22} = Z \times \text{Bobot Aturan } W_{22} = ,9055 \times 0,60 = 0,5433$$

Langkah 5: Penggabungan Nilai Keyakinan (*CF Combine*)

Karena *Rule 21* dan *Rule 22* sama-sama mengarah pada kesimpulan yang identik, yaitu Risiko Tinggi, kedua nilai CF akhir yang telah diperoleh tidak dapat berdiri sendiri, melainkan perlu digabungkan menjadi satu nilai keyakinan tunggal menggunakan rumus kombinasi CF berikut:

$$CF_{combine} = CF_{lama} + CF_{baru} \times (1 - CF_{lama})$$

Dengan CF Akhir *Rule 21* (,6067) diposisikan sebagai CF_{lama} dan CF Akhir *Rule 22* (,5433) sebagai CF_{baru} , diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CF_{combine} &= CF_{lama} + CF_{baru} \times (1 - CF_{lama}) \\ &= ,6067 + 0,5433 \times (1 - 0,6067) \\ &= ,6067 + 0,5433 \times 0,3933 \\ &= ,6067 + 0,2137 \\ &= ,8204 \end{aligned}$$

Langkah 6: Hasil Akhir Diagnosis

Nilai $CF_{combine}$ tersebut selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk persentase untuk mempermudah interpretasi tingkat keyakinan sistem:

$$\begin{aligned} \text{Persentase Keyakinan} &= CF_{combine} \times 100\% \\ &= ,8204 \times 100\% \\ &= 82,04\% \end{aligned}$$

Kesimpulan: Berdasarkan hasil komputasi *hybrid* Fuzzy Tsukamoto dan *Certainty Factor* tersebut, sistem menyimpulkan bahwa tingkat risiko pasien pada studi kasus ini mengarah pada Risiko Tinggi (Preeklamsia Berat), dengan tingkat keyakinan sebesar 82,04%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap diagnosis tersebut, sehingga pasien pada studi kasus ini direkomendasikan untuk segera mendapatkan penanganan medis lanjutan guna mencegah risiko komplikasi yang lebih serius.

Perbandingan Dengan Pakar dan Jurnal Terdahulu

Studi kasus nomor 15 pada Tabel 7 menyajikan kondisi klinis yang identik dengan studi kasus yang telah dihitung secara manual pada subbab sebelumnya, yaitu ibu hamil usia kehamilan 34 minggu dengan tekanan darah sistolik 175 mmHg, tekanan darah diastolik 115 mmHg, dan hasil pemeriksaan protein urin positif 2. Berdasarkan hasil perhitungan *hybrid* Fuzzy Tsukamoto dan *Certainty Factor*, sistem menghasilkan diagnosis Preeklamsia Berat dengan tingkat keyakinan sebesar 82,04%.

Tabel 7. Hasil Pengujian Komparatif Skenario Kasus Preeklamsia

No.	Studi Kasus	Hasil Pakar	Proposed	Penelitian Terdahulu	Kesesuaian Proposed Dengan Pakar
15	Seorang ibu hamil usia kehamilan 34 minggu memiliki tekanan darah sistolik 175 mmHg dan tekanan darah diastolik 115 mmHg. Hasil pemeriksaan protein urin menunjukkan positif 2.	- Pre-eklamsia berat - Yakin (0.8)	Pre-eklamsia berat 82%	92% Pre eklamsia berat	Sesuai
16	Seorang ibu hamil usia kehamilan 32 minggu memiliki tekanan darah sistolik 180 mmHg dan tekanan darah diastolik 120 mmHg. Hasil pemeriksaan protein urin menunjukkan positif 2. Pasien mengeluhkan sakit kepala berat yang terjadi secara terus-menerus.	- Pre-eklamsia berat - Sangat yakin (1.0)	Pre-eklamsia berat 86.8%	95.2% Pre eklamsia berat	Sesuai
17	Seorang ibu hamil usia kehamilan 35 minggu memiliki tekanan darah (terpotong di bawah gambar)	- Pre-eklamsia berat - Sangat yakin (1.0)	Pre-eklamsia berat 91.8%	100% Pre eklamsia berat	Sesuai

Nilai tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil diagnosis pakar, yang menyatakan kondisi pasien sebagai Preeklamsia Berat dengan tingkat keyakinan "Yakin" atau setara CF ,8 (80%). Selisih antara hasil sistem (82,04%) dan hasil pakar (80%) hanya sebesar 2,04%, yang menunjukkan bahwa sistem *hybrid* yang dibangun mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar dengan sangat baik dan tingkat kesalahan yang minim.

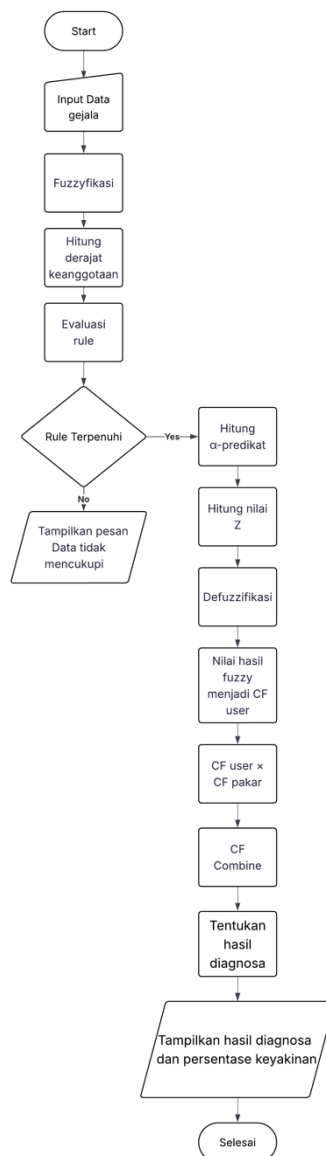
Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, yang melaporkan tingkat keyakinan sebesar 92% dengan kesimpulan diagnosis yang sama (Preeklamsia Berat), hasil sistem pada penelitian ini (82,04%) memang sedikit lebih rendah, dengan selisih sebesar 9,96%. Perbedaan ini wajar terjadi mengingat adanya perbedaan skema pembobotan *rule*, jumlah variabel *input*, serta nilai CF pakar yang digunakan pada masing-masing penelitian, sehingga variasi nilai persentase antarpelelitian merupakan hal yang dapat dimaklumi selama kesimpulan kategori diagnosis akhir tetap konsisten.

Secara keseluruhan, ketiga sumber acuan, yaitu hasil pakar, hasil sistem (*proposed*), dan penelitian terdahulu, sepakat pada kesimpulan diagnosis yang sama, yaitu Preeklamsia Berat, sehingga kesesuaian antara hasil *proposed* dengan pakar pada studi kasus ini dinyatakan "Sesuai". Hal ini mengindikasikan bahwa metode

hybrid Fuzzy Tsukamoto dan *Certainty Factor* yang diusulkan dalam penelitian ini valid dan layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan untuk deteksi dini preeklamsia, karena mampu menghasilkan diagnosis yang konsisten baik dengan penilaian pakar maupun dengan penelitian-penelitian sejenis sebelumnya, meskipun terdapat variasi kecil pada nilai persentase keyakinannya.

3.2. Rancangan

Secara keseluruhan, alur kerja komputasi pada sistem pakar ini divisualisasikan pada *flowchart* Gambar 2. Proses dimulai ketika pengguna memasukkan data pemeriksaan (tekanan darah dan protein urine) serta memilih gejala klinis yang dialami. Sistem kemudian memproses *input* numerik melalui tahap fuzzifikasi untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan. Selanjutnya, mesin inferensi mengevaluasi basis aturan (*rule-based if-then*) yang aktif dan mengkalkulasikan nilai kepastiannya menggunakan metode *Certainty Factor*. Proses diakhiri dengan defuzzifikasi untuk menghasilkan *output* berupa persentase tingkat risiko preeklamsia yang langsung ditampilkan kepada pengguna.

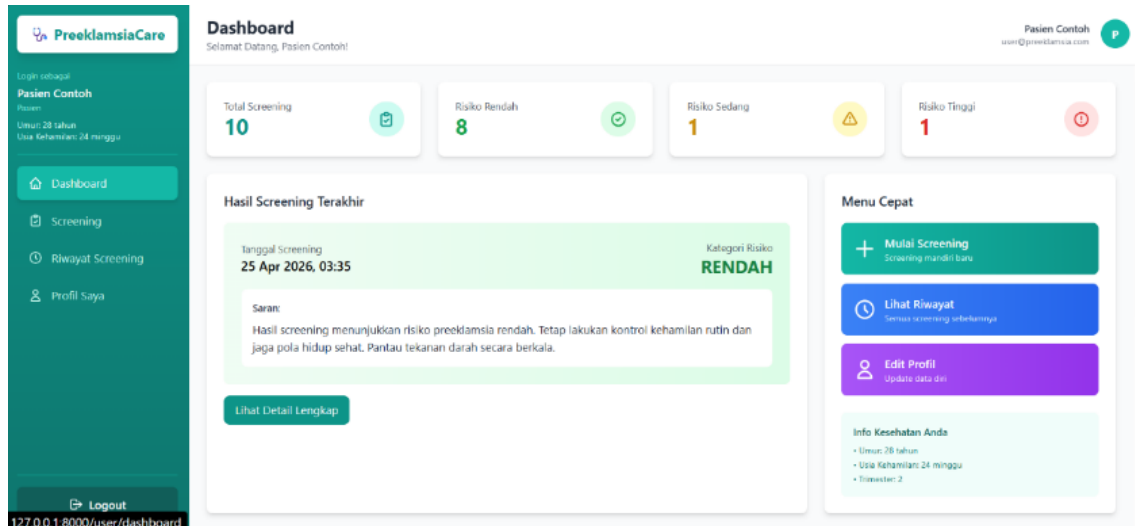


Gambar 2. Flowchart sistem

3.3. Implementasi

3.3.1. Tampilan Halaman *Dashboard*

Halaman *dashboard* pasien adalah halaman utama setelah *login* yang menampilkan ringkasan hasil *screening*. Seperti pada Gambar 3, sistem menyajikan total *screening*, distribusi risiko, hasil *screening* terakhir (tanggal, kategori, dan saran), serta menu cepat untuk *screening*, riwayat, dan profil, dilengkapi informasi dasar kehamilan pasien.



Gambar 3. Halaman dashboard pengguna

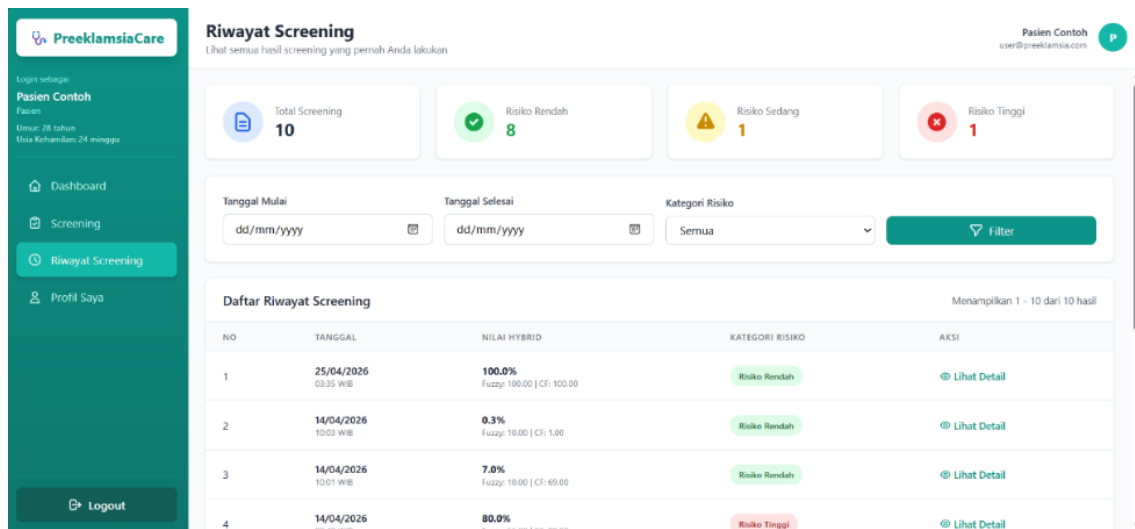
3.3.2. Tampilan halaman *screening*

Halaman *screening* preeklamsia adalah fitur utama untuk konsultasi mandiri pasien dengan memasukkan data kesehatan guna menentukan tingkat risiko. Seperti pada Gambar 4, halaman ini berisi panduan pengisian, *input* numerik (tekanan darah sistolik, diastolik, dan protein urin), serta *input* kualitatif melalui *dropdown* untuk gejala tambahan. Data yang dimasukkan kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan *Certainty Factor* untuk menghasilkan diagnosis risiko preeklamsia.

Gambar 4. Halaman screening pengguna

3.3.3. Tampilan Halaman Riwayat *Screening*

Halaman riwayat *screening* berfungsi sebagai penyimpanan hasil konsultasi pasien. Seperti pada Gambar 5, sistem menampilkan ringkasan total *screening* berdasarkan kategori risiko, fitur filter pencarian berdasarkan waktu dan risiko, serta tabel riwayat yang berisi tanggal, nilai persentase *hybrid*, kategori risiko, dan tombol "Lihat Detail" untuk melihat hasil secara lengkap.



Gambar 5. Halaman riwayat screening pengguna

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membangun aplikasi sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosis risiko preeklamsia pada ibu hamil dengan menerapkan metode *hybrid* Fuzzy Logic Tsukamoto dan *Certainty Factor*. Sistem ini mampu mengolah data klinis seperti tekanan darah dan protein urine, serta gejala subjektif lainnya, melalui proses fuzzifikasi, evaluasi *rule base* yang terstruktur, hingga menghasilkan persentase keyakinan risiko dalam kategori Ringan, Sedang, atau Berat. Arsitektur sistem yang dirancang secara sekuensial ini memungkinkan proses diagnosis berjalan secara akurat dan transparan bagi pengguna.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem pakar ini terbukti valid dan mampu memberikan diagnosis yang sejalan dengan logika pakar (dokter spesialis). Penerapan nilai kepastian (*Certainty Factor*) yang dihitung melalui tahapan defuzzifikasi berbobot dan penggabungan nilai CF antar-*rule* berdasarkan bobot gejala pakar memberikan hasil akhir yang objektif. Sebagai contoh, pada studi kasus ibu hamil usia kehamilan 34 minggu dengan tekanan darah sistolik 175 mmHg, diastolik 115 mmHg, dan protein urin positif 2, sistem menghasilkan diagnosis Preeklamsia Berat dengan tingkat keyakinan sebesar 82,04%, mendekati tingkat keyakinan pakar yang menyatakan "Yakin" (setara 80%), dengan selisih hanya 2,04%. Hasil serupa juga konsisten ditemukan pada studi kasus lain yang diuji, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem ini layak digunakan sebagai alat bantu skrining awal (*early detection*) bagi ibu hamil sebelum melakukan pemeriksaan medis lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember, selaku institusi yang menaungi serta Jurusan Teknologi Informasi menyediakan bimbingan, arahan, dan masukan berharga selama proses penelitian berlangsung. Pihak Fasilitas Kesehatan / Lokasi Studi Kasus, yang telah memberikan izin dan membantu kelancaran proses pengumpulan data klinis pasien preeklamsia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Vonia et al., “Faktor Yang Berhubungan dengan Kejadian Preeklamsia pada Kehamilan di Puskesmas Bandar Agung Musi Banyuasin,” *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*, vol. 8, no. 1, p. 22, Aug. 23, 2025. DOI: [10.30633/jsm.v8i1.3073](https://doi.org/10.30633/jsm.v8i1.3073)
- [2] A. Peratama, H. Kusumajaya, dan A. Agustin, “Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Preeklamsia pada Ibu Hamil,” *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, vol. 5, no. 2, pp. 617–626, Mar. 7, 2023. DOI: [10.37287/jppp.v5i2.1526](https://doi.org/10.37287/jppp.v5i2.1526)
- [3] N. W. A. Prasetya et al., “Sistem Pakar Deteksi Dini Penyakit Preeklamsia pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Certainty Factor,” *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 168–177, Jan. 22, 2022. DOI: [10.35970/infotekmesin.v13i1.1050](https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v13i1.1050)
- [4] K. H. Hanif, N. R. Muntari, dan P. A. Ramadhani, “Penerapan Metode Certainty Factor untuk Mendiagnosa Penyakit Preeklamsia pada Ibu Hamil dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Python,” *Insect (Informatics and Security): Jurnal Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 63–71, Mar. 15, 2022. DOI: [10.33506/insect.v7i2.1818](https://doi.org/10.33506/insect.v7i2.1818)
- [5] L. -. Sitohang, P. Purwadi, dan F. Taufik, “Implementasi Sistem Pakar Menggunakan Metode Dempster Shafer Untuk Mendiagnosa Penyakit Preeklamsia,” *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 1, no. 3, p. 118, May 12, 2022. DOI: [10.53513/jursi.v1i3.4899](https://doi.org/10.53513/jursi.v1i3.4899)
- [6] S. E. Z. Nasution, N. Novriyenni, dan H. Sembiring, “Diagnosa Penyakit Preeklamsia Menggunakan Metode Dempster Shafer,” *Bridge : Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, vol. 3, no. 3, pp. 187–196, Aug. 22, 2025. DOI: [10.62951/bridge.v3i3.610](https://doi.org/10.62951/bridge.v3i3.610)
- [7] A. J. Priana, “Fuzzy Expert System Untuk Analisis Penyakit Stroke,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, vol. 7, no. 1, pp. 264–272, Mar. 20, 2024. DOI: [10.55338/jikomsi.v7i1.2926](https://doi.org/10.55338/jikomsi.v7i1.2926)
- [8] W. A. Wibowo et al., “Sistem Pakar Diagnosa Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) Semangka Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 1, Feb. 19, 2024. DOI: [10.33022/ijcs.v13i1.3653](https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i1.3653)
- [9] Y. Yuliana, M. Arhami, dan H. Hendrawaty, “Sistem Pakar Diagnosa Tingkat Depresi pada Mahasiswa Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web,” *Jurnal Teknologi Rekayasa Informasi dan Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 68–76, Mar. 7, 2023. DOI: [10.30811/jtrik.v6i1.4705](https://doi.org/10.30811/jtrik.v6i1.4705)
- [10] S. Kacung et al., “Expert System Application for Determining Toddler Nutrition Status Using the Mamdani Fuzzy Method,” *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)*, vol. 12, no. 3, p. 430, Jul. 31, 2024. DOI: [10.26418/justin.v12i3.75976](https://doi.org/10.26418/justin.v12i3.75976)
- [11] N. D. Azzahra dan A. Desiani, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ginekologi Menggunakan Metode Certainty Factor,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, Aug. 1, 2023. DOI: [10.23960/jitet.v11i3.3063](https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3063)
- [12] A. S. Ashidiqi, I. Widaningrum, dan J. Karaman, “Implementation of The Certainty Factor Method in The Expert System For Early Diagnosis of Dyslexia in Childhood,” *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 18–32, Feb. 10, 2023. DOI: [10.29407/intensif.v7i1.18433](https://doi.org/10.29407/intensif.v7i1.18433)
- [13] R. S. Sagala dan F. Arifin, “Pengembangan Aplikasi Evaluasi Tingkat Penguasaan Praktikum Aircraft Electrical Berbasis Fuzzy Expert System Stand Alone Application,” *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 9, no. 2, p. 226, Aug. 18, 2023. DOI: [10.26418/jp.v9i2.64239](https://doi.org/10.26418/jp.v9i2.64239)

- [14] B. W. Mol, “Re: Vascular endothelial growth factor C/A 2578 gene polymorphism and umbilical artery doppler in preeclamptic women. Mowad HH, Abougabal KM, Fahim AS, Shehata NAA, Ali HAA, Nasser MZ. *Pregnancy Hypertens.* 2019 Oct;18:173–178,” *Pregnancy Hypertension*, vol. 25, pp. 169–170, Aug. 2021. DOI: [10.1016/j.preghy.2021.05.014](https://doi.org/10.1016/j.preghy.2021.05.014)
- [15] K.-J. Chang, K.-M. Seow, dan K.-H. Chen, “Preeclampsia: Recent Advances in Predicting, Preventing, and Managing the Maternal and Fetal Life-Threatening Condition,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 4, p. 2994, Feb. 8, 2023. DOI: [10.3390/ijerph20042994](https://doi.org/10.3390/ijerph20042994)

[Halaman ini sengaja dikosongkan.]