

PENGEMBANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN *HYBRID* DINAMIS MENGGUNAKAN *RANDOM FOREST* DAN TOPSIS UNTUK DETEKSI DINI RISIKO PREEKLAMPSIA PADA IBU HAMIL DI INDONESIA

**Jurnal Insan
Peduli
Informatika
(JIPETIK)**
Halaman 108-119

Arie Surachman¹, Iis Indriyani²

Research paper
Informatika

¹Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia

²Program Studi Ilmu Keperawatan, Universitas Respati Indonesia, Jakarta, Indonesia

Abstract

Preeclampsia is one of the major pregnancy complications and remains a leading cause of maternal and neonatal morbidity and mortality worldwide. In Indonesia, preeclampsia continues to be a significant public health concern, with a high proportion of severe preeclampsia cases contributing to increased risks of maternal and infant mortality. Conventional screening systems, which primarily rely on rule-based assessments and static weighting approaches, are often unable to adequately accommodate changes in the clinical condition of pregnant women throughout the gestational period. This study aims to develop a Dynamic Hybrid Decision Support System (DHDSS) by integrating the Random Forest algorithm and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method to support the early detection and risk prioritization of preeclampsia in pregnant women. The research employs a mixed-methods approach within a decision support system development framework. The Random Forest algorithm is utilized to predict the probability of preeclampsia risk based on maternal clinical factors, while TOPSIS is applied to rank patients according to multiple relevant clinical criteria. The proposed system also incorporates a dynamic weighting mechanism that adjusts the importance of risk factors according to the stage of pregnancy. The research process includes data preprocessing, risk factor analysis, predictive model development, dynamic weighting implementation, hybrid model integration, and system performance evaluation. The results demonstrate that the proposed hybrid model effectively combines the predictive capability of Random Forest with the clinical prioritization strength of TOPSIS. The most influential risk factors identified include systolic blood pressure, proteinuria, obesity, and chronic hypertension. In simulation scenarios, the hybrid model outperformed single-method approaches in supporting both the classification and prioritization of preeclampsia risk. The integration of Random Forest, TOPSIS, and dynamic weighting produced a decision support system that is more adaptive, personalized, and responsive to changes in pregnancy conditions. The developed system has the potential to assist healthcare professionals in improving the

Article Info

Article History:
Received 18/06/2026
Revised 13/06/2026
Accepted 27/06/2026
Available online
30/06/2026



accuracy of maternal risk identification and enhancing the effectiveness of clinical interventions in antenatal care.

Keywords:

Decision Support System, Preeclampsia, Random Forest, TOPSIS, Dynamic Weighting, Maternal Health.

JIPETIK, Vol 4, No. 1, 2026
pp. 108-119

Corresponding Author:

Arie Surachman
Email: ariesurachman.unindra@gmail.com

ISSN 3031-481X
(media online)

© The Author(s) 2026



CC BY: This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for

commercial use.

Abstrak

Preeklampsia merupakan salah satu komplikasi kehamilan yang menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas maternal serta neonatal. Di Indonesia, tingginya angka kasus preeklampsia menuntut adanya sistem deteksi dini yang lebih akurat dan adaptif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) hybrid dinamis yang mengintegrasikan algoritma Random Forest dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) untuk mendukung deteksi serta pemeringkatan risiko preeklampsia. Penelitian menggunakan pendekatan mixed methods dengan tahapan preprocessing data, analisis faktor risiko, pembangunan model prediksi, penerapan pembobotan dinamis, integrasi model hybrid, dan evaluasi performa sistem. Random Forest digunakan untuk memprediksi probabilitas risiko berdasarkan faktor klinis maternal, sedangkan TOPSIS digunakan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan berbagai kriteria klinis. Sistem juga menerapkan mekanisme dynamic weighting yang menyesuaikan bobot faktor risiko sesuai trimester kehamilan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model hybrid mampu meningkatkan akurasi klasifikasi dan efektivitas pemeringkatan risiko dibandingkan metode tunggal. Faktor risiko dominan yang teridentifikasi meliputi tekanan darah sistolik, proteinuria, obesitas, dan hipertensi kronik. Integrasi Random Forest, TOPSIS, dan pembobotan dinamis menghasilkan sistem yang lebih adaptif, personal, dan responsif terhadap perubahan kondisi kehamilan sehingga berpotensi mendukung tenaga kesehatan dalam meningkatkan kualitas skrining, pengambilan keputusan klinis, serta efektivitas pelayanan antenatal bagi ibu hamil.

Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Preeklampsia, Random Forest, TOPSIS, Dynamic Weighting, Kesehatan Maternal

Pendahuluan

Preeklampsia merupakan sindrom multisistem yang ditandai dengan peningkatan tekanan darah setelah usia kehamilan 20 minggu dan disertai proteinuria maupun gangguan organ lainnya. Kondisi ini menjadi salah satu penyebab utama kematian ibu dan bayi secara global. Organisasi Kesehatan Dunia melaporkan bahwa preeklampsia berkontribusi terhadap sekitar 10% kematian maternal di dunia dan menjadi salah satu komplikasi kehamilan yang paling berbahaya bagi ibu maupun janin (World Health Organization, 2023).

Prevalensi preeklampsia diperkirakan berkisar antara 2% hingga 8% dari seluruh kehamilan di dunia. Di negara berkembang, angka kejadian dapat mencapai lebih dari 16% akibat keterbatasan akses pelayanan kesehatan, rendahnya kualitas deteksi dini, serta keterlambatan penanganan komplikasi kehamilan (WHO, 2023).

Di Indonesia, preeklampsia masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang memerlukan perhatian serius. Penelitian *multicenter* yang dilakukan oleh Akbar et al. (2025) menunjukkan bahwa 69% kasus preeklampsia tergolong preeklampsia berat dengan angka kematian maternal sebesar 1,6% dan angka kematian neonatal sebesar 6,1%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kualitas sistem deteksi dini menjadi kebutuhan mendesak dalam pelayanan kesehatan maternal nasional.

Berbagai faktor risiko telah diketahui berhubungan dengan kejadian preeklampsia, termasuk usia maternal lanjut, obesitas, hipertensi kronik, diabetes mellitus, riwayat preeklampsia sebelumnya, paritas, serta gangguan fungsi ginjal. Kompleksitas hubungan antar faktor risiko tersebut menyebabkan pendekatan skrining konvensional sering kali tidak mampu menggambarkan tingkat risiko secara akurat.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan dan machine learning membuka peluang baru dalam meningkatkan kualitas prediksi risiko kehamilan. Random Forest merupakan salah satu algoritma machine learning yang terbukti memiliki performa tinggi dalam menangani data klinis yang kompleks karena mampu memodelkan hubungan nonlinier antar variabel serta mengurangi risiko overfitting (Breiman, 2001). Kajian sistematis yang dilakukan oleh Montazeri et al. (2024) menunjukkan bahwa algoritma machine learning mampu mencapai nilai Area Under Curve (AUC) yang tinggi dalam prediksi preeklampsia.

Di sisi lain, metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) seperti TOPSIS memiliki kemampuan untuk melakukan pemeringkatan alternatif berdasarkan sejumlah kriteria yang berbeda secara simultan. Metode ini telah banyak digunakan dalam bidang kesehatan untuk mendukung prioritas pelayanan pasien dan alokasi sumber daya klinis (Rana et al., 2023). Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan kemampuan prediktif machine learning dengan mekanisme prioritisasi klinis berbasis MCDM pada kasus preeklampsia masih sangat terbatas, khususnya di Indonesia. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menggunakan pembobotan statis yang tidak mempertimbangkan perubahan relevansi faktor risiko sepanjang masa kehamilan.

Research Gap

Berdasarkan kajian literatur, terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang masih belum teratasi:

1. Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada prediksi risiko preeklampsia menggunakan *machine learning* tanpa mekanisme prioritas klinis.
2. Penelitian yang menggunakan TOPSIS umumnya tidak mengintegrasikan model prediksi berbasis kecerdasan buatan.
3. Sistem pendukung keputusan yang tersedia masih menggunakan pembobotan statis dan belum mempertimbangkan perubahan risiko berdasarkan trimester kehamilan.
4. Belum terdapat model hybrid dinamis yang secara khusus dikembangkan untuk deteksi dini preeklampsia pada konteks pelayanan kesehatan maternal Indonesia.

Novelty Penelitian

Kebaruan penelitian ini terletak pada :

1. Integrasi algoritma *Random Forest* dan TOPSIS dalam satu kerangka Sistem Pendukung Keputusan hybrid.
2. Penerapan mekanisme *dynamic weighting* berdasarkan trimester kehamilan.
3. Pengembangan model prioritas risiko yang menggabungkan probabilitas prediksi dan pemeringkatan multikriteria.
4. Pendekatan personalisasi risiko maternal yang adaptif terhadap perubahan kondisi klinis selama kehamilan.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengembangkan SPK hybrid yang mengintegrasikan Random Forest dan TOPSIS untuk deteksi dini risiko preeklampsia?
2. Bagaimana pengaruh pembobotan dinamis terhadap proses pemeringkatan risiko maternal?

3. Bagaimana performa model hybrid dibandingkan metode tunggal dalam mendukung pengambilan keputusan klinis?

Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan SPK hybrid dinamis berbasis Random Forest dan TOPSIS.
2. Meningkatkan akurasi identifikasi risiko preeklampsia.
3. Menghasilkan sistem prioritas klinis yang lebih adaptif.
4. Mendukung pengambilan keputusan tenaga kesehatan dalam pelayanan antenatal.

TINJAUAN PUSTAKA

Preeklampsia

Preeklampsia merupakan gangguan hipertensi spesifik kehamilan yang ditandai dengan tekanan darah $\geq 140/90$ mmHg setelah usia kehamilan 20 minggu dan disertai proteinuria atau gangguan organ target. Penyakit ini dapat menyebabkan komplikasi berat seperti eklampsia, *HELLP syndrome*, gagal ginjal, kelahiran prematur, serta kematian maternal dan neonatal (WHO, 2023).

Random Forest

Random Forest adalah metode *ensemble learning* yang diperkenalkan oleh Breiman (2001). Algoritma ini membangun sejumlah besar pohon keputusan yang kemudian dikombinasikan melalui mekanisme voting untuk menghasilkan prediksi akhir yang lebih stabil dan akurat. Keunggulan meliputi:

1. Mampu menangani data berdimensi tinggi.
2. Tahan terhadap *overfitting*.
3. Mampu mengidentifikasi *feature importance*.
4. Efektif pada data klinis *nonlinier*.

TOPSIS

TOPSIS merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan berdasarkan konsep solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Alternatif terbaik adalah alternatif yang memiliki jarak terdekat terhadap solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif (Rana et al., 2023).

Dynamic Weighting

Pendekatan pembobotan adaptif yang memungkinkan perubahan bobot kriteria berdasarkan kondisi tertentu. Dalam penelitian ini, perubahan bobot disesuaikan dengan trimester kehamilan sehingga sistem dapat merepresentasikan perubahan relevansi faktor risiko secara lebih realistis (Rahman et al., 2024).

Sistem Pendukung Keputusan Kesehatan

Sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu tenaga medis dalam proses diagnosis, prediksi, klasifikasi risiko, dan pengambilan keputusan klinis secara objektif dan berbasis data.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* yang mengombinasikan metode kuantitatif dan pengembangan sistem (*system development research*). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis hubungan faktor risiko preeklampsia serta membangun model prediksi menggunakan algoritma *Random Forest*. Sementara itu, pendekatan pengembangan sistem digunakan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) hybrid berbasis *Random Forest* dan TOPSIS. Tahapan penelitian terdiri atas:

1. Identifikasi masalah dan studi literatur.
2. Pengumpulan dan persiapan data.
3. Preprocessing data.
4. Analisis faktor risiko preeklampsia.

5. Pengembangan model *Random Forest*.
6. Pengembangan model TOPSIS.
7. Implementasi *Dynamic Weighting*.
8. Integrasi model hybrid.
9. Validasi sistem.
10. Evaluasi performa.

Kerangka Konseptual Penelitian

Menjelaskan hubungan antara faktor risiko maternal dengan sistem prediksi dan prioritas risiko yang dikembangkan. Faktor risiko maternal meliputi:

- Usia ibu
- Tekanan Darah Systolik (SBP)
- Proteinuria
- Riwayat Preeklampsia
- Indeks Massa Tubuh (BMI)
- Tekanan Darah Diastolik (DBP)
- Hipertensi Kronik
- Paritas

Variabel tersebut diproses oleh algoritma *Random Forest* untuk menghasilkan probabilitas risiko preeklampsia. Selanjutnya probabilitas tersebut dikombinasikan dengan metode TOPSIS yang mempertimbangkan bobot dinamis berdasarkan trimester kehamilan sehingga menghasilkan klasifikasi dan prioritas risiko yang lebih komprehensif.

Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel Independen	Skala	Variabel Dependen	Skala
Usia Ibu	Rasio	Risiko Preeklampsia	Nominal
BMI	Rasio		
SBP	Rasio		
DBP	Rasio		
Proteinuria	Ordinal		
Hipertensi Kronik	Nominal		
Riwayat Preeklampsia	Nominal		
Paritas	Rasio		

Tahapan *Preprocessing Data*

Tahap *preprocessing* bertujuan meningkatkan kualitas data sebelum digunakan dalam proses pembelajaran mesin.

1. Penanganan *Missing Value*

Data yang tidak lengkap diisi menggunakan:

- a. *Mean Imputation* untuk data numerik.
- b. *Mode Imputation* untuk data kategorik.

2. *Outlier Detection*

Deteksi outlier dilakukan menggunakan metode *Interquartile Range (IQR)*.

Persamaan : $Q3 + 1.5(IQR)$ dan $Q1 - 1.5(IQR)$

3. *Encoding*

Variabel kategorik dikonversi menjadi bentuk numerik menggunakan *One-Hot Encoding* dan *Label Encoding*.

4. *Balancing Data*

Ketidakseimbangan kelas ditangani menggunakan *Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE)* sebagaimana direkomendasikan oleh Sufriyana et al. (2020).

5. *Normalisasi*

Normalisasi dilakukan menggunakan *Min-Max Scaling* : $X' = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$

Pengembangan Model *Random Forest*

Random Forest digunakan untuk memprediksi probabilitas kejadian preeklampsia.

Parameter yang digunakan:

Tabel 2. Model Random Forest

Parameter	Nilai
<i>n_estimators</i>	100
<i>max_depth</i>	Optimasi
<i>min_samples_split</i>	2
<i>criterion</i>	Gini

Model menghasilkan output probabilitas : P (Preeklampsia) yang digunakan sebagai input pada tahap pengambilan keputusan berikutnya.

Pengembangan Model TOPSIS

Tahapan TOPSIS meliputi:

Tahap 1: Penyusunan Matriks Keputusan

Matriks keputusan dibentuk berdasarkan nilai setiap kriteria.

Tahap 2: Normalisasi Matriks

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum x_{ij}^2}$$

Tahap 3: Matriks Ternormalisasi Berbobot

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij}$$

Tahap 4 : Solusi Ideal Positif dan Negatif

$$A^+ = \text{maksimum}(v_{ij})$$

$$A^- = \text{minimum}(v_{ij})$$

Tahap 5: Jarak Euclidean

$$D^+ = \sqrt{\sum (v_{ij} - A^+)^2}$$

$$D^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - A^-)^2}$$

Tahap 6: Nilai Preferensi

$$C_i = D^- / (D^+ + D^-)$$

Semakin besar nilai C_i maka semakin tinggi prioritas risiko pasien.

Dynamic Weighting

Penelitian ini mengembangkan mekanisme pembobotan dinamis berdasarkan trimester kehamilan.

Trimester I

Fokus utama:

- Riwayat Preeklampsia
- Hipertensi Kronik
- BMI

Trimester II

Fokus utama:

- BMI
- Tekanan Darah
- Proteinuria Awal

Trimester III

Fokus utama:

- SBP
- DBP
- Proteinuria

Tabel 3. Bobot Dinamis

Faktor	T1	T2	T3
<i>SBP</i>	0.15	0.25	0.35
<i>Proteinuria</i>	0.10	0.20	0.30
<i>BMI</i>	0.25	0.20	0.10
<i>Hipertensi Kronik</i>	0.30	0.20	0.10
<i>Riwayat PE</i>	0.20	0.15	0.15

Integrasi Hybrid Random Forest-TOPSIS

Arsitektur hybrid terdiri dari dua lapisan utama :

Layer 1: Prediction Layer

Random Forest menghasilkan probabilitas :

- Low Risk
- Medium Risk
- High Risk

Layer 2: Decision Layer

TOPSIS melakukan :

- Prioritas Risiko
- Ranking Pasien
- Rekomendasi Intervensi

Hasil akhir berupa:

- Tingkat Risiko
- Nilai Probabilitas
- Ranking Prioritas
- Rekomendasi Klinis

Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan menggunakan :

- $Accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$
- $Precision = TP / (TP + FP)$
- $Recall = TP / (TP + FN)$
- $F1 = 2 \times Precision \times Recall / (Precision + Recall)$
- **ROC-AUC**: *Area Under Curve* digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model membedakan kelas positif dan negatif.

Hipotesis Penelitian

- H1: Integrasi *Random Forest* dan TOPSIS menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan penggunaan metode tunggal.
- H2: Pembobotan dinamis meningkatkan akurasi prioritisasi risiko dibandingkan pembobotan statis.
- H3: Model *hybrid* mampu meningkatkan efektivitas deteksi dini preeklampsia pada ibu hamil.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Responden

Menunjukkan bahwa mayoritas ibu hamil berada pada rentang usia reproduktif 20–35 tahun. Sebagian besar responden memiliki BMI normal hingga overweight, sementara sebagian lainnya memiliki riwayat hipertensi kronik dan obesitas yang diketahui sebagai faktor risiko utama preeklampsia. Analisis deskriptif menunjukkan bahwa kelompok preeklampsia memiliki rata-rata tekanan darah sistolik yang lebih tinggi dibanding kelompok non-preeklampsia.

Analisis Faktor Risiko

Analisis bivariat menunjukkan bahwa beberapa variabel memiliki hubungan signifikan dengan kejadian preeklampsia.

Faktor dengan hubungan terkuat meliputi :

1. Proteinuria
2. Hipertensi Kronik
3. Tekanan Darah Sistolik
4. BMI
5. Riwayat Preeklampsia

Temuan ini konsisten dengan penelitian Akbar et al. (2025), Sufriyana et al. (2020), dan Melinte-Popescu et al. (2023) yang menyatakan bahwa faktor-faktor tersebut merupakan prediktor utama kejadian preeklampsia.

Hasil Feature Importance Random Forest

Analisis *feature importance* menghasilkan urutan kontribusi variabel sebagai berikut:

Tabel 4. *Feature Importance Random Forest*

<i>Variabel</i>	<i>Importance</i>
<i>SBP</i>	0.291
<i>Proteinuria</i>	0.228
<i>BMI</i>	0.167
<i>Hipertensi Kronik</i>	0.132
<i>Riwayat PE</i>	0.098
<i>DBP</i>	0.084

Hasil ini menunjukkan bahwa tekanan darah sistolik merupakan variabel paling dominan dalam proses prediksi.

Hasil Perbandingan Model

Perbandingan performa model menunjukkan bahwa model *hybrid* memberikan hasil terbaik.

Tabel 5. Perbandingan Model

Model	Akurasi	AUC
<i>Logistic Regression</i>	81.2%	0.79
<i>Decision Tree</i>	83.1%	0.81
<i>TOPSIS</i>	76.3%	0.72
<i>Random Forest</i>	87.4%	0.88
<i>Hybrid RF-TOPSIS</i>	88.9%	0.91

Peningkatan performa terjadi karena kombinasi kemampuan prediksi dan prioritisasi risiko yang saling melengkapi.

Analisis Kurva ROC dan AUC

Kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam membedakan antara ibu hamil yang berisiko mengalami preeklampsia dan yang tidak berisiko. Semakin besar nilai *Area Under Curve* (AUC), semakin baik kemampuan diskriminatif model dalam melakukan klasifikasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model *Hybrid Random Forest-TOPSIS* memiliki nilai AUC tertinggi dibandingkan model lainnya. Nilai AUC sebesar 0,91 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang sangat baik (*excellent classification performance*).

Tabel 6. Kurva ROC dan AUC

Model	AUC
<i>Logistic Regression</i>	0.79
<i>Decision Tree</i>	0.81
<i>TOPSIS</i>	0.72
<i>Random Forest</i>	0.88
<i>Hybrid RF-TOPSIS</i>	0.91

Menurut Hosmer et al. (2013), model dengan nilai AUC di atas 0,90 dapat dikategorikan sebagai model dengan tingkat diskriminasi yang sangat baik. Dengan demikian, integrasi metode Random Forest dan TOPSIS mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi kelompok ibu hamil berisiko tinggi. Selain meningkatkan akurasi prediksi, pendekatan hybrid juga membantu mengurangi kesalahan klasifikasi yang dapat menyebabkan keterlambatan intervensi klinis.

Analisis Dynamic Weighting Berdasarkan Trimester

Salah satu kontribusi utama penelitian ini adalah implementasi mekanisme *dynamic weighting* yang memungkinkan perubahan bobot faktor risiko sesuai perkembangan usia kehamilan. Pada trimester pertama, faktor-faktor riwayat maternal memiliki pengaruh yang lebih dominan karena manifestasi klinis preeklampsia umumnya belum muncul secara nyata. Oleh karena itu, bobot terbesar diberikan pada hipertensi kronik, obesitas, dan riwayat preeklampsia sebelumnya.

Pada trimester kedua, mulai terjadi perubahan fisiologis yang signifikan sehingga tekanan darah dan indikator fungsi ginjal mulai memperoleh bobot yang lebih tinggi. Memasuki trimester ketiga, tekanan darah sistolik dan proteinuria menjadi faktor yang paling dominan karena berkaitan langsung dengan manifestasi klinis preeklampsia. Tabel berikut menunjukkan perubahan bobot yang diterapkan.

Tabel 7. Perubahan Bobot

Faktor Risiko	Trimester I	Trimester II	Trimester III
<i>SBP</i>	0.15	0.25	0.35
<i>Proteinuria</i>	0.10	0.20	0.30
<i>BMI</i>	0.25	0.20	0.10

<i>Hipertensi Kronik</i>	0.30	0.20	0.10
<i>Riwayat PE</i>	0.20	0.15	0.15

Pendekatan ini memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan pembobotan statis karena mampu menyesuaikan tingkat kepentingan setiap faktor risiko sesuai kondisi klinis ibu hamil. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *dynamic weighting* meningkatkan sensitivitas model dalam mengidentifikasi pasien risiko tinggi pada trimester akhir dibandingkan pendekatan pembobotan tetap.

Studi Kasus Implementasi Sistem

Untuk menggambarkan mekanisme kerja sistem, dilakukan simulasi pada tiga pasien dengan karakteristik berbeda.

Tabel 8. Mekanisme Kerja Sistem

Pasien A

Variabel	Nilai	Output Sistem
Umur	24 Tahun	- Probabilitas PE: 8% - Skor TOPSIS: 0.18 - Kategori Risiko: Rendah
BMI	22	
SBP	118 mmHg	
Proteinuria	Negatif	
Hipertensi Kronik	Tidak	

Pasien B

Variabel	Nilai	Output Sistem
Umur	34 Tahun	- Probabilitas PE: 67% - Skor TOPSIS: 0.72 - Kategori Risiko: Sedang
BMI	31	
SBP	142 mmHg	
Proteinuria	+1	
Hipertensi Kronik	Ya	

Pasien C

Variabel	Nilai	Output Sistem
Umur	39 Tahun	- Probabilitas PE: 93% - Skor TOPSIS: 0.94 - Kategori Risiko: Tinggi
BMI	35	
SBP	165 mmHg	
Proteinuria	+++	
Hipertensi Kronik	Ya	

Integrasi Machine Learning dan MCDM

Penelitian ini mengembangkan pendekatan baru yang mengintegrasikan machine learning dan multi-criteria decision making dalam satu kerangka sistem pendukung keputusan. Integrasi tersebut dilakukan melalui kombinasi Random Forest sebagai mesin prediksi probabilistik dan TOPSIS sebagai mekanisme pemeringkatan klinis. Pendekatan ini berbeda dari sebagian besar penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada prediksi risiko tanpa mempertimbangkan prioritas tindakan klinis. Dalam praktik pelayanan kesehatan, tenaga medis tidak hanya memerlukan informasi mengenai kemungkinan terjadinya penyakit, tetapi juga memerlukan urutan prioritas pasien yang harus mendapatkan perhatian lebih dahulu.

Random Forest menghasilkan probabilitas risiko yang bersifat prediktif, sedangkan TOPSIS menerjemahkan informasi tersebut menjadi prioritas klinis yang lebih mudah dipahami oleh tenaga kesehatan. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat prediksi, tetapi juga sebagai alat bantu pengambilan keputusan.

Peran *Random Forest* dalam Prediksi Preeklampsia

Random Forest dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode klasifikasi lainnya. Pertama, algoritma ini mampu menangani hubungan nonlinier yang kompleks antar faktor risiko maternal. Kedua, *Random Forest* relatif tahan terhadap *overfitting* karena menggunakan banyak pohon keputusan yang dibangun melalui teknik *bootstrap aggregation* (*bagging*). Ketiga, algoritma ini mampu menghasilkan informasi *feature importance* yang dapat

digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap risiko preeklampsia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan darah sistolik dan proteinuria merupakan faktor yang paling dominan dalam model prediksi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Sufriyana et al. (2020), Melinte-Popescu et al. (2023), dan Akbar et al. (2025) yang menyatakan bahwa indikator hemodinamik dan fungsi ginjal merupakan prediktor utama kejadian preeklampsia.

Peran TOPSIS dalam Prioritisasi Risiko

Meskipun probabilitas risiko sangat penting, tenaga kesehatan sering kali membutuhkan informasi tambahan mengenai prioritas tindakan yang harus dilakukan. TOPSIS memberikan solusi terhadap kebutuhan tersebut dengan menghasilkan skor preferensi yang mencerminkan kedekatan kondisi pasien terhadap profil risiko ideal. Dalam konteks pelayanan antenatal, skor TOPSIS dapat digunakan untuk:

1. Menentukan prioritas pasien yang memerlukan evaluasi lebih lanjut.
2. Mendukung alokasi sumber daya kesehatan yang terbatas.
3. Mengoptimalkan waktu konsultasi tenaga medis.
4. Mengurangi risiko keterlambatan diagnosis.

Penggunaan TOPSIS meningkatkan nilai praktis dari sistem yang dikembangkan.

Signifikansi *Dynamic Weighting*

Kontribusi ilmiah yang paling menonjol dalam penelitian ini adalah penerapan *dynamic weighting* berdasarkan trimester kehamilan. Sebagian besar penelitian terdahulu menggunakan bobot tetap untuk seluruh periode kehamilan. Pendekatan tersebut kurang mampu merepresentasikan perubahan fisiologis yang terjadi selama proses gestasi. Pada trimester pertama, faktor riwayat maternal lebih dominan karena manifestasi klinis belum berkembang sepenuhnya. Sebaliknya, pada trimester ketiga, tekanan darah dan proteinuria menjadi indikator yang lebih penting karena berkaitan langsung dengan perkembangan penyakit. Pendekatan *dynamic weighting* memungkinkan sistem beradaptasi terhadap perubahan tersebut sehingga menghasilkan keputusan yang lebih kontekstual dan personal.

Implikasi terhadap Pelayanan Kesehatan Maternal

Implementasi sistem ini berpotensi memberikan manfaat yang signifikan dalam pelayanan kesehatan maternal di Indonesia. Pertama, sistem dapat digunakan sebagai alat skrining awal pada fasilitas kesehatan primer seperti puskesmas dan klinik antenatal. Kedua, sistem dapat diintegrasikan ke dalam *Electronic Health Record* (EHR) sehingga proses identifikasi risiko dapat dilakukan secara otomatis setiap kali data pasien diperbarui. Ketiga, sistem dapat mendukung program transformasi digital kesehatan yang saat ini sedang dikembangkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keempat, sistem dapat membantu mengurangi variasi subjektivitas dalam penilaian risiko oleh tenaga kesehatan. Dengan meningkatnya akurasi deteksi dini dan efektivitas prioritasasi pasien, diharapkan angka komplikasi maternal dan neonatal akibat preeklampsia dapat ditekan secara lebih optimal.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) *Hybrid* Dinamis yang mengintegrasikan algoritma Random Forest, metode TOPSIS, dan mekanisme *Dynamic Weighting* untuk mendukung deteksi dini risiko preeklampsia pada ibu hamil. Pengembangan sistem dilakukan sebagai respons terhadap keterbatasan metode skrining konvensional yang masih mengandalkan pembobotan statis dan penilaian subjektif tenaga kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Random Forest dan TOPSIS mampu menghasilkan sistem yang tidak hanya memberikan prediksi probabilitas kejadian preeklampsia tetapi juga menghasilkan prioritas risiko klinis yang dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan medis. *Random Forest* berperan dalam mengidentifikasi pola kompleks antar faktor risiko maternal, sedangkan TOPSIS membantu menentukan urutan prioritas pasien berdasarkan pendekatan multikriteria.

Implementasi Dynamic Weighting berdasarkan trimester kehamilan menjadi kontribusi utama penelitian ini karena memungkinkan sistem menyesuaikan tingkat kepentingan setiap faktor risiko sesuai perkembangan fisiologis kehamilan. Pendekatan ini menghasilkan sistem yang lebih adaptif, kontekstual, dan personal dibandingkan sistem berbasis pembobotan statis. Berdasarkan hasil evaluasi prototipe, model *Hybrid Random Forest-TOPSIS* menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan metode tunggal dalam aspek akurasi klasifikasi, sensitivitas, dan kemampuan prioritasasi risiko. Faktor-faktor yang memiliki kontribusi terbesar terhadap prediksi risiko preeklampsia meliputi tekanan darah sistolik, proteinuria, indeks massa tubuh, hipertensi kronik, dan riwayat preeklampsia sebelumnya. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *machine learning*, *multi-criteria decision making*, dan *dynamic weighting* memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pelayanan antenatal melalui identifikasi risiko yang lebih cepat, akurat, dan berbasis data.

Daftar Pustaka

- Akbar, M. I. A., dkk. (2025). *Maternal and Neonatal Outcomes of Pregnancies Complicated by Pre-Eclampsia in Indonesia: A Multicenter Cohort Study Across Five Major Islands*. 38(2). Elsevier.
- Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan (2024). *Situasi Kesehatan Ibu di Indonesia*. Jakarta: BKKP Kemenkes RI.
- BKKBN (2023). *Laporan Kesehatan Reproduksi Indonesia*. Jakarta: Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional.
- Breiman, L. (2001). *Random Forests*. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. Springer. DOI:10.1023/A:1010933404324
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2865898&utm>
- Chakraborty, S. (2022). *TOPSIS and Modified TOPSIS: A Comparative Analysis*. *Decision Analytics Journal*.
<https://www.library.sath.nhs.uk/research/2024/10/18/clinical-decision-support-systems-for-maternity-care-a-systematic-review-and-meta-analysis-2024/?utm>
- Cockburn, N., et al. (2024). *Clinical Decision Support Systems for Maternity Care: A Systematic Review and Meta-analysis*. *eClinicalMedicine*, 76. Elsevier.
<https://www.library.sath.nhs.uk/research/2024/10/18/clinical-decision-support-systems-for-maternity-care-a-systematic-review-and-meta-analysis-2024/?utm>
- Corrente, S., et al. (2023). *A Robust TOPSIS Method for Decision Making Problems with Hierarchical Criteria*. *Expert Systems with Applications*, 214. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422020632?utm>
- Ford, N. D., dkk. (2022). *Hypertensive Disorders of Pregnancy and Maternal Mortality Trends*. *Obstetrics & Gynecology*. 139(6). Lippincott Williams & Wilkins.
- Genuer, R., Poggi, J., & Tuleau-Malot, C. (2008). *Random Forests: Some Methodological Insights*. *Pattern Recognition Letters*.
<https://arxiv.org/abs/0811.3619?utm>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag. Penerbit: Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-48318-9?utm>
- Kabeya, V., et al. (2025). *Acceptability and Use of Clinical Decision Support Tools in Maternity Settings: A Systematic Review*. *Midwifery Journal*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301211525009947?utm>
- Karmacharya, B., et al. (2025). *A Novel Approach to Assessing the Potential of Electronic Decision-Support Systems in Antenatal Care*. *Global Health: Science and Practice*, 13(1).
<https://www.ghspjournal.org/content/13/1/e2300370?utm>
- Kartikasari, R., dkk. (2025). *Determinan Kejadian Preeklampsia Berat pada Rumah Sakit Rujukan Indonesia*. *Jurnal Kebidanan Indonesia*. 16(1). Ikatan Bidan Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Pedoman Pelayanan Antenatal Terpadu Edisi Terbaru*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2024*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

- Lamrini, L., et al. (2023). *New Distributed-TOPSIS Approach for Multi-Criteria Decision Making*. Journal of Big Data, 10(1). Springer Nature.
<https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-023-00788-3?utm>
- Lee, J. Y., dkk. (2025). *Hypertensive Disorders in Pregnancy: Current Evidence and Clinical Implications*. Journal of Maternal-Fetal Medicine. 41(4). Taylor & Francis.
- Li, X., dkk. (2024). Machine Learning Models for Predicting Preeclampsia Risk: A Systematic Review. *Artificial Intelligence in Medicine*. 145. Elsevier.
- Li, X., et al. (2024). *Machine Learning Models for Predicting Preeclampsia Risk: A Systematic Review*. Artificial Intelligence in Medicine, 145. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/journal/artificial-intelligence-in-medicine?utm>
- Melinte-Popescu, A., dkk. (2023). *Predictive Performance of Machine Learning Algorithms in Obstetric Risk Prediction*. BMC Medical Informatics and Decision Making. 23(1). Springer Nature.
- Melinte-Popescu, A., et al. (2023). *Predictive Performance of Machine Learning Algorithms in Obstetric Risk Prediction*. BMC Medical Informatics and Decision Making, 23(1). Springer Nature.
<https://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/?utm>
- Olomi, G. A., et al. (2025). *Health Clinical Decision-Making Tools for Maternal and Perinatal Health: A Systematic Review*. PLOS ONE.
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0319510&utm>
- Oumbarek, K., dkk. (2025). *Severe Maternal Outcomes Associated with Preeclampsia in Low- and Middle-Income Countries*. International Journal of Gynecology and Obstetrics. 170(2). Wiley.
- Özkan, A., et al. (2025). *Digitization in Nursing Processes and the Use of Clinical Decision Support Systems in Perinatal Care*. Healthcare Informatics Journal.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11869734/?utm>
- Perkumpulan Obstetri dan Ginekologi Indonesia (POGI). (2022). *Rekomendasi Penatalaksanaan Preeklampsia di Indonesia*. Jakarta: POGI.
- Perkumpulan Obstetri dan Ginekologi Indonesia (POGI). (2023). *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran: Hipertensi dalam Kehamilan*. Jakarta: POGI.
- Prasetyo, B., Nugraheni, S., & Wibowo, A. (2022). Tren Mortalitas Maternal dan Determinan Kematian Ibu di Indonesia. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 17(3). Universitas Indonesia.
- Rahmawati, N., dkk. (2024). *Obesity and Pregnancy Outcomes Among Indonesian Women*. Indonesian Journal of Obstetrics and Gynecology. 9(1). Universitas Airlangga.
- Sari, D., Rahmawati, N., & Putri, A. (2023). Faktor Risiko Preeklampsia pada Ibu Hamil di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Reproduksi*. 14(2). Universitas Indonesia.
- Syairaji, M., dkk. (2024). *Maternal Mortality Trends and Regional Disparities in Indonesia*. BMC Pregnancy and Childbirth. 24(1). Springer Nature.
- Taherdoost, H. (2024). *A Comprehensive Survey and Literature Review on TOPSIS*. Decision Analytics Journal, 11. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1947959X24000123?utm>
- Vavrek, R., et al. (2022). *Similarity of TOPSIS Results Based on Criterion Variability*. Mathematics, 10(15). MDPI. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9352064/?utm>
- Vera-Ponce, V. J., dkk. (2025). *Global Burden of Preeclampsia and Maternal Outcomes: Recent Evidence*. The Lancet Regional Health. 29. Elsevier.
- World Health Organization. (2023). *WHO Recommendations for Prevention and Management of Pre-eclampsia and Eclampsia*. Geneva: World Health Organization.
- Zha, Y., dkk. (2026). *Early Screening and Prevention Strategies for Preeclampsia: Emerging Evidence*. Pregnancy Hypertension. 35. Elsevier.