



Implementasi *Machine Learning* Untuk Deteksi Anomali Kesehatan Janin Menggunakan Metode *Ensemble* Berbasis *Decision Tree*

Mochammad Ilham Aziz*

Program Studi Informatika, Institut Teknologi Al Mahrusiyah, Kota Kediri, Indonesia

Email: mochammadilhamaziz@itama.ac.id

Abstrak

Sebagai calon ibu sangatlah penting untuk mengetahui kondisi kesehatan janin yang dikandungnya sejak dini dikarenakan banyak sekali calon ibu muda karena ketidaktahuannya terhadap kesehatan janin dapat menyebabkan kematian pada janin yang dikandungnya. Hal ini terjadi dikarenakan calon ibu kurang ingin tahu, kurang sosialisasi, dan juga kurangnya akses ke sumber daya terkait dengan kesehatan janin. Tumbuh kembang janin sangatlah penting agar kedepannya bayi dapat lahir dengan sehat dan juga bebas dari masalah. Tujuan daripada penelitian ialah guna mendeteksi anomali kesehatan pada janin menggunakan metode *ensemble* berbasis *Decision Tree*. Penggunaan metode pembelajaran *ensemble* dapat meningkatkan akurasi hasil deteksi anomali kesehatan janin pada ibu hamil. Eksperimen ini dilaksanakan dengan memakai dataset publik sebanyak 2.126 data pasien. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan algoritma *decision tree* saja tanpa berbasis *ensemble* hanya menghasilkan akurasi sebesar 89.80% lalu dengan adanya penggunaan *ensemble* berbasis *decision tree* metode tersebut menghasilkan akurasi sebesar 92.66%. hal tersebut menunjukkan bahwa metode *ensemble* mampu meningkatkan akurasi sebesar 2.86%.

Kata Kunci: *Ensemble*; *Decision Tree*; Kesehatan Janin.

ABSTRACT

As a prospective mother, it is very important to know the health condition of the fetus she is carrying early because many young prospective mothers because of their ignorance of fetal health can cause death in the fetus they are carrying. This happens because prospective mothers are less curious, lack of socialization, and also lack of access to resources related to fetal health. Fetal growth and development are very important so that in the future the baby can be born healthy and free from problems. The purpose of the study is to detect health anomalies in the fetus using the *Decision Tree*-based *ensemble* method. The use of *ensemble* learning methods can increase the accuracy of the results of detecting fetal health anomalies in pregnant women. This experiment was carried out using a public dataset of 2,126 patient data. The results of the study showed that using the *decision tree* algorithm alone without an *ensemble*-based method only produced an accuracy of 89.80%, then with the use of a *decision tree*-based *ensemble*, the method produced an accuracy of 92.66%. This shows that the *ensemble* method is able to increase accuracy by 2.86%.

Keywords: *Ensemble*; *Decision Tree*; Fetal Health.

1. PENDAHULUAN

Kehamilan dan Persalinan adalah suatu peristiwa fisiologis yang mana sering sekali dialami oleh banyak wanita terutama ibu hamil selama fase reproduksinya. Pada tahun 2015 WHO melaporkan, angka kematian ibu banyak disebabkan oleh komplikasi selama dan setelah kehamilan dan persalinan. Salah satu cara untuk memantau Kesehatan ibu dan janin adalah dengan mengetahui faktor resiko terjadinya *maternal mortality*. Selama kehamilan kesehatan janin harus dijaga mulai awal masa kehamilan untuk menjaga kesehatan janin didalam kandungan.

Hal-hal yang perlu dilakukan pemeriksaan rutin adalah Body Mass Index (BMI), Oksigen Darah, Tekanan Darah, Suhu Tubuh, Maternal ECG, Keputihan pada awal trisemester, Mual pada awal trisemester, kontraksi pada trisemester ke-tiga, Denyut jantung janin, protein janin abnormal, electrical uterine activity, dan aktivitas Gerakan janin (Damaliana et al., 2022). Periode pada kehamilan dan momen persalinan merupakan suatu waktu yang di tunggu dan sangatlah penting bagi para ibu yang sedang hamil, dikarenakan berbagai kemungkinan dapat terjadi dan bahkan sebelum akhirnya berujung dengan keselamatan atau sebaliknya (Rininta Andriani, 2019).

Dengan memprediksi risiko kematian pada janin dapat mengetahui sejak dini seseorang ibu hamil berisiko atau tidaknya dari gejala yang ditimbulkan. Adanya keguguran atau kematian calon bayi (janin) adalah suatu kejadian yang *traumatic* secara psikologi bagi wanita serta keluarga. Bisa menimbulkan kecemasan pada seorang ibu bahkan bisa sampai pada gejala depresi dan gejala fisik dimana gejala tersebut dapat diderita selama kurang lebih dari enam bulan lamanya. Bagi seorang wanita yang sedang melahirkan seorang bayi yang meninggal, kejadian tersebut dianggap dapat berisiko mengalami gangguan kehamilan pada masa kehamilan yang selanjutnya atau kedepannya (Salwa Darin L, 2018).

Data mining adalah salah satu cara untuk mendapatkan hubungan yang bermakna daripada bentuk dan suatu tren yang cenderung untuk menganalisis jumlah data yang tersimpan dengan menggunakan suatu teknik pengenalan pola didalamnya, metode yang dimaksud adalah metode klasifikasi. Metode tersebut merupakan suatu metode yang digunakan untuk memprediksi atau mengklasifikasi kategori dari suatu data berdasar kan kumpulan variabel atau atribut dari data tersebut (Yoga P, 2019). Urgensi pada penelitian ini adalah untuk mendeteksi anomali kesehatan pada janin. Gap penelitian pada penelitian terdahulu adalah adanya perbedaan mengenai metode yang digunakan dan hasil yang

didapatkan, pada penelitian dahulu membandingkan beberapa metode penelitian sedangkan yang dilakukan penelitian saat ini fokus pada anomali kesehatan janin.

Berbagai riset tentang model *decision tree* (C4.5) sudah sering dilakukan dan metode tersebut merupakan yang paling tertinggi untuk tingkatan ketepatan dalam menentukan akurasi yaitu dapat mencapai angka 95%. Maka dari itu metode algoritma *decision tree* (C4.5) mempunyai banyak keunggulan seperti halnya model tersebut mampu dalam memberikan solusi untuk berbagai jenis *overfitting*, juga dalam penanganan *missing value* atribut dalam dataset di *data training* dan juga bisa meningkatkan dalam efisiensi pada komputasi. Tetapi meski model algoritma *decision tree* atau C4.5 termasuk kategori yang sangat unggul daripada model algoritma lain, metode algoritma ini pada saat diterapkan pada kasus pasien penderita penyakit stroke hasilnya adalah kurang tepatnya dalam memprediksi dan juga keakuratannya hasil yang diperoleh (Kasadub et al, 2018).

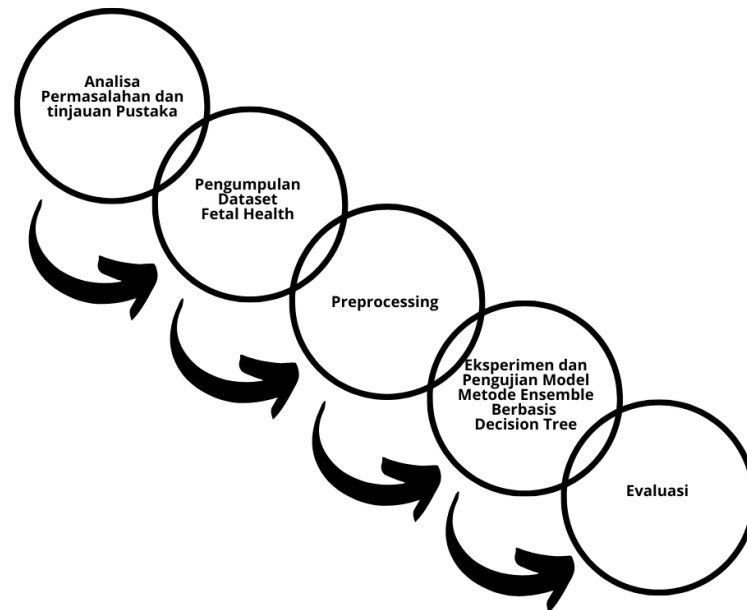
Metode algoritma *decision tree* ini diibaratkan suatu bentuk pohon yang bercabang ibarat diagram alir, yang mana setiap titik internalnya dapat terwakili sebagai uji karakter. Lalu dalam hasil uji dapat terwakilkan oleh suatu cabang lain yang disebut label kelas yang terwakili juga oleh suatu simpul pada daun. Uji coba pada variabel di atribut X pada *decision tree* memiliki prediksi dari kelas dari tupel yang dilacak, jalur pada akar atau simpul daun. Di dalam proses pengambilan keputusan, model pembelajaran prediktif ini memungkinkan adanya hubungan antara observasi dan kesimpulan yang didasarkan pada target nilai yang ada. Nilai yang dimaksud merupakan suatu metode pada model prediktif tersebut yang mana sering digunakan di statistik, *machine learning* dan juga *data mining* (Agus et al, 2020).

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *ensemble* tujuan utamanya untuk dapat meningkatkan hasil akurasi deteksi sejak dini anomali kesehatan janin. Penelitian ini sangat penting untuk bidang kesehatan kedepannya karena dapat mengurangi resiko pada kehamilan. Daripada itu klasifikasi pada data anomali kesehatan janin masih dapat ditingkatkan kemampuannya dengan menggunakan metode *ensemble* berbasis *decision tree* untuk dapat membantu memprediksi sejak dini anomali kesehatan janin untuk menurunkan tingkat kematian pada janin atau calon bayi.

2. METODE

Pada penelitian, *datamining* adalah bagian dari suatu proses *Knowledge Discovery in Database* (KDD) merupakan suatu kegiatan yang berupa pengumpulan, pemakaian, data historis untuk menemukan keteraturan, pola dan atau hubungan dalam dataset yang berukuran

sangat besar. KDD sebdiri bukan merupakan suatu teknologi yang independen, tetapi berkaitan denga ekstraksi dan juga perhitungan pola dari kumpulan data yang ada. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut termasuk penelitian kuantitatif. Data yang di gunakan dalam penelitian ini adalah data kesehatan janin. Metode dalam mengolah data yang dipilih adalah metode *ensemble* berbasis *decision tree*. Adapun tahapan dalam penelitian secara umum terlihat seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Data Eksperimen

Objek yang diteliti adalah kesehatan janin. Data yang dikumpulkan berasal dari website the kaggle learning repository yang mana didalam dataset tersebut berisikan data kesehatan pada janin, dan data tersebut mempunyai total 2.126 data pasien ibu hamil yang mana dikategorikan sehat atau *normal*, *suspect* dan *pathologic*.

Dataset kesehatan janin ini berisikan indikator-indikator atau variabel yang dipakai dalam mengidentifikasi pasien. Dataset ini sudah dipisahkan dan dipilih dari variabel-variabel pada dataset kesehatan janin awal dan dibuat menjadi dataset kesehatan janin baru. Pada Tabel 1 dibawah ini menunjukkan detail isi dari dataset yang digunakan dalam penelitian.

Table 1. Detail Isi Dataset Kesehatan Janin

No	Atribut	Keterangan	Tipe Data	Deskripsi
1	<i>Baseline value</i>	Nilai dasar	<i>Numeric</i>	Angka
2	<i>Accelerations</i>	Akselerasi	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0
3	<i>Fetal movement</i>	Gerakan janin	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0
4	<i>Uterine contractions</i>	Kontraksi rahim	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0

No	Atribut	Keterangan	Tipe Data	Deskripsi
5	<i>Light decelerations</i>	Deselerasi ringan	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0
6	<i>Severe decelerations</i>	Deselerasi Parah	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0
7	<i>Prolonged decelerations</i>	Deselerasi berkepanjangan	<i>Numeric</i>	0,001 – 1,0
8	<i>Abnormal short term variability</i>	Variabilitas jangka pendek yang tidak normal	<i>Numeric</i>	16-84
9	<i>Mean value of short term variability</i>	Nilai rata – rata Variabilitas jangka pendek	<i>Numeric</i>	0,2 - 5
10	<i>Percentage of time with abnormal long term variability</i>	Persentase waktu dengan variabilitas jangka panjang yang abnormal	<i>Numeric</i>	0-91
11	<i>Mean value of long term variability</i>	Nilai rata rata variabilitas jangka panjang	<i>Numeric</i>	2,4 – 29,5
12	<i>Fetal health</i>	Kesehatan janin	Label	1,2,3

2.2 Metode Evaluasi

Tahapan ini merupakan tahap setelah *preprocessing* selesai, lalu dilanjutkan dengan tahap pelatihan model. Tahap ketiga ini akan melakukan sebuah klasifikasi menggunakan algoritma *ensemble* berbasis *decision tree*. Pada tahap ini dilakukan sebuah penyusunan dan presentasi dari suatu pengetahuan yang di dapat pada *data mining* dan *machine learning*. Presentasi dari hasil *data mining* ini, akan dibuat dengan sedemikian rupa sehingga bisa dimengerti dan dibaca oleh kaum awam. Pada tahapan ini akan dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *decision tree* dan metode *ensemble* untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang akurat.

2.3 Confusion Matrix

Pada *data mining confusion matrix* merupakan metode dimana skor akurasi dari sebuah model klasifikasi dihitung. Suatu hasil kinerja dari sebuah objek penelitian akan dimunculkan skor melalui metode ini yang bisa benar atau bahkan sebaliknya yang diperoleh dari data uji. *Confusion matrix* akan menghasilkan nilai akurasi dalam dua kelas yang membentuk tabel matrix kelas positif dan negatif, kedua kelas tersebut terdiri dari *true* dan *false positive* juga *true* dan *false negative*.

Tabel 2. Confusion Matrix

Confusion Matrix		Prediction Condition	
Actual Condition	Positive (P)	Positive (PP)	Negative (PN)
	Negative (N)	TP True Positive FP False Positive	FN False Negative TN True Negative

Keterangan pada tabel *confusion matrix* :

- True Positive* (TP), juga dikenal sebagai benar positif, adalah ketika data positif kelas diprediksi benar. Contoh pada janin diharapkan dapat dilahirkan dalam kondisi yang normal dan sehat.
- True Negative* (TN), juga dikenal sebagai benar negatif, adalah ketika data negatif kelas sebenarnya diprediksi benar. Contoh pada janin yang dilahirkan kondisi kesehatannya buruk.
- False Positive* (FP), jika data negatif dari setiap kelas sebenarnya diprediksi sebagai data positif maka data itu disebut *False Positive*.
- False Negative* (FN), jika data positif dari setiap kelas sebenarnya diprediksi sebagai data negatif maka itu disebut *False Negative*.
- Tingkat keberhasilan model dalam *confusion matrix* dapat ditentukan dari nilai *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, *precision*, dan *F1 score*. Semakin tinggi nilai presisi, artinya semakin baik pula metode yang digunakan.

Dalam *confusion matrix* ada data aktual dan data prediksi. Data aktual adalah hasil sebenarnya sedangkan data prediksi adalah hasil dari model yang akan dibuat. Rumus akurasi atau nilai akurasi merupakan suatu skor atau nilai daripada matrik konfusi beserta isi pada suatu jumlah prediksi yang sesuai dari semua data yang ada. Ini disebabkan fakta bahwa tingkat nilai akurasinya dapat ditentukan dengan menggunakan hasil daripada prediksi yang sebanding dengan nilai yang sebenarnya diukur. Rumus perhitungan akurasi ditunjukkan pada persamaan 1.

$$\text{akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

Sensitifitas adalah nama lain untuk pengikat yang digunakan dalam menghitung kelas positif, dan juga sensitifitas merupakan skor atau nilai dari matriks konfusi yang diukur status pasien yang sakit atau ada dalam data. Rumus perhitungan sensitifitas ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\text{Sensitifitas} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

Salah satu cara yang sangat tepat untuk mengukur status seseorang tanpa penyakit adalah dengan mendapatkan skor atau nilai dari spesifisitas dari matriks konfusi. Sensitif

adalah istilah lain atau istilah tambahan untuk mengikat kelas negatif. Rumus perhitungan spesifitas ditunjukkan pada persamaan 3.

$$\text{Spesifitas} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

Skor matriks konfusi yang menunjukkan proporsi pada prediksi yang sesungguhnya untuk semua data yang dapat diprediksi secara positif disebut sebagai presisinya. Rumus perhitungan presisi ditunjukkan pada persamaan 4.

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

Nilai skor F1 atau yang biasa disebut *F1score* dapat digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan dalam menentukan antara *recall* atau daya ingat dan juga presisinya. Rumus perhitungan *F1score* ditunjukkan pada persamaan 5.

$$F1Score = 2 \times \frac{\text{Presisi} \times \text{Sensitifitas}}{\text{Presisi} + \text{Sensitifitas}} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini merupakan data dari pasien ibu hamil terkait kesehatan janin yang dikandungnya yang bersal dari website kaggle dengan link sebagai berikut <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/fetal-health-classification> tentang kesehatan janin (*fetal health*). Tabel 3 menjelaskan informasi terkait dataset.

Tabel 3. Dataset yang Digunakan Eksperimen

Dataset	Jumlah Atribut	Jumlah <i>Record</i>	Jumlah <i>Class</i>
<i>Fetal Health</i>	22	2.126	3

3.2 Pengolahan Data

Dataset yang digunakan adalah data kesehatan janin, dalam penelitian ini memiliki jumlah data total 2.126 catatan pasien. Tahapan awal proses pengolahan data tersebut adalah untuk memastikan bahwa data yang ada atau data yang digunakan adalah data *valid* dan proses pengklasifikasiannya dapat dilakukan dengan baik. Di tahapan yang pertama yaitu *preprocessing* ini, data akan dibersihkan dengan tujuan untuk menghindari *noise* atau

kerusakan pada data. Kerusakan pada data inilah yang nanti akan berdampak pada hasil nilai atau skor akurasi pada proses klasifikasi.

3.3 Data Cleaning

Pada proses ini akan dilakukan pembersihan terhadap data data yang ada apabila ditemukan atau terdapat *missing value* dari dataset *fetal health*. Atribut-atribut tersebut yang memiliki tipe data kategorikal telah diubah menjadi suatu tipe data berbentuk numerik. Tipe data numerik inilah yang akan mempermudah mengetahui detail dari perubahan yang ada pada setiap tabelnya. Tabel 4 menampilkan sampel dataset yang sudah melalui proses *data cleaning*.

Tabel 4. Sampel Dataset *Fetal Health* Setelah Proses *Data Cleaning*.

<i>Fetal Health</i>	<i>Baseline Value</i>	<i>Accelerations</i>	...	<i>Percentage of time ...</i>	<i>Abnormal Short</i>	<i>Class</i>
1	0	0,001	...	55	18	1
0	1	0,045	...	10	22	0
:	:	:	:	:	:	:
3	1	0,022	...	65	66	0
1	0	0,012	...	66	54	1

3.4 Klasifikasi Algoritma *Ensemble* Berbasis *Decision Tree*

Pelatihan pada model ini menggunakan metode *ensemble* berbasis *decision tree*, proses yang akan dilakukan ini bertujuan meningkatkan kinerja daripada algoritma pohon keputusan melalui optimasi kelompok pada algoritma pohon keputusan. Proses pada penilaian pelatihan diulang-ulang sampai batas yang ditentukan tercapai. Kemudian yang paling banyak akan ditentukan dan dipilih suara terbanyak untuk menghasilkan hasil yang paling optimal.

Model ini akan diuji pada dataset kesehatan janin dengan data yang tidak seimbang selama tahap uji validasi dan evaluasi. Pengujian pada model klasifikasi rekam medis kesehatan janin dilakukan dalam dua tahapan yaitu pelatihan data dan pengujian data. Tahap pelatihan algoritma untuk membentuk model prediktif, dan tahap pada pengujian data menentukan hasil daripada kerja dari algoritma klasifikasi itu sendiri. Parameter penelitian ini menggunakan perbandingan pengujian 30% dan 70% dari dataset yang akan digunakan yaitu dataset kesehatan janin.

3.5 *Confusion Matrix* dari Algoritma *Ensemble* berbasis *Decision Tree*.

Dalam pengujian model ini, metode *confusion matrix* diterapkan untuk mencari kelas sebenarnya dan nilai kelas prediksi dari dataset kesehatan janin. Tabel 5 menunjukkan hasil *confusion matrix*.

Tabel 5. Confusion Matrix Algoritma Ensemble berbasis Decision Tree

Confusion Matrix		Kelas Sebenarnya			Class Presisi
		2	1	3	
Kelas Prediksi	2	145	13	3	90.66%
	1	148	1634	16	89.88%
	3	2	8	157	94.01%
Class Recall		45.15%	97.73%	90.20%	92.66%

Dari pengujian klasifikasi pada dataset kesehatan janin dengan algoritma *ensemble* berbasis ini kelas 2 (gejala atau kemungkinan) menghasilkan nilai presisi 90.66% dan *recall* 45.15%, kelas 1 (normal) menghasilkan nilai presisi 90.66% dan *recall* 98.73%, kelas 3 (kanker pantologi) menghasilkan nilai presisi 94.01% dan *recall* 89.20%. Dan pada penelitian dengan menggunakan klasifikasi pada dataset kesehatan janin dengan algoritma *ensemble* berbasis *decision tree* nilai akurasi yang diperoleh adalah 92.66%.

Penelitian ini sangat bermanfaat untuk bidang kedokteran kedepannya, karena dengan adanya hasil penelitiannya sangat membantu menyelamatkan janin dan mendeteksi lebih awal keadaan janin. Pada penelitian sebelumnya metode ini digunakan untuk mendeteksi penyakit jantung sedangkan pada penelitian saat ini digunakan untuk mendeteksi anomali kesehatan janin pada ibu hamil. Kebaruan pada penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya adalah akurasi yang semakin akurat untuk mendeteksi anomali kesehatan janin pada ibu hamil. Akurasi pada metode ini meningkat sebesar 2.86% yang awalnya dengan menggunakan algoritma *decision tree* saja tanpa berbasis *ensemble* hanya menghasilkan akurasi sebesar 89.80% lalu dengan adanya penggunaan *ensemble* berbasis *decision tree* metode tersebut menghasilkan akurasi sebesar 92.66%.

4. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Metode *ensemble* berbasis algoritma klasifikasi *decision tree* untuk mendeteksi anomali kesehatan janin dapat meningkatkan performa klasifikasi dengan *base estimator* algoritma *decision tree*. Total data publik yang diperoleh sejumlah 2.126 data pasien maka dapat dianalisa bahwa metode *ensemble* dapat meningkatkan akurasi dalam deteksi anomali kesehatan janin. Dan kita dapat menyimpulkan hasil akurasi yang diperoleh sebesar 92.66% setelah penambahan metode *ensemble* dalam deteksi anomali kesehatan janin dibandingkan prediksi yang hanya menggunakan algoritma *decision tree* yaitu 86.84% lebih rendah hasilnya. Saran penelitian selanjutnya adalah dapat mengembangkan penelitian serupa dengan menggunakan algoritma klasifikasi yang berbeda agar hasil prediksi jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Damaliana, A. T., Trimono, T., & Prasetya, D. A. (2022). Ensemble Tree untuk Memprediksi Level Resiko Maternal Mortality di Bangladesh. *Prosiding Seminar Nasional Sains Data*, 2(1), 24–29. <https://doi.org/10.33005/senada.v2i1.36>
- A. Manganti, “Sistem Pakar Diagnosa Penyebab Keguguran Pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Forward Chaining,” vol. 3, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- Andriani, R. 2019. Pencegahan Kematian Ibu Saat Hamil Dan Melahirkan Berbasis Komunitas. Jogjakarta : DEEPUBLISH.
- Luqyana S.D. Hubungan Usia IBu Saat Kehamilan dengan Kejadian Intrauterine Fetal Death (IUFD) di RSUD DR. H. Abdul Moeloek Bandar Lampung. 2018.
- Pristyanto, Yoga. 2019. “Penerapan Metode Ensemble Untuk Meningkatkan Kinerja Algoritme Klasifikasi Pada Imbalanced Dataset.” *Jurnal TEKNOINFO* 13 (1): 11–16.
- Byna Agus, dan Muhammad Basit. 2020. “Penerapan Metode Adaboost Untuk Mengoptimasi Prediksi Penyakit Stroke Dengan Algoritma Naïve Bayes.” *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)* 09 (November): 407–11.
- Aziz I., A. Z. Fanani, and A. Affandy, “Analisis Metode Ensemble Pada Klasifikasi Penyakit Jantung Berbasis Decision Tree,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i1.5169.
- R. Nurcahyo, A. Z. Fanani, A. Affandy, and M. I. Aziz, “Peningkatan Algoritma C4. 5 Berbasis PSO Pada Penyakit Kanker Payudara,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 4, pp. 1758–1765, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i4.6841.
- N. Yannuansa, M. Safa’udin, and M. I. Aziz, “Pemanfaatan Algoritma K-Means Clustering dalam Mengolah Pengaruh Hasil Belajar Terhadap Pendapatan Orang Tua Pada Mata Pelajaran Produktif,” *J. Tecnoscienza*, vol. 6, no. 1, pp. 43–55, 2021, doi: 10.51158/tecnoscienza.v6i1.530.
- Manganti A., “Sistem Pakar Diagnosa Penyebab Keguguran Pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Forward Chaining,” vol. 3, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- World Health Organization. World Health Statistic -Monitoring Health For The SDGs. World Heal Organ. 2016;1.121.
- Tayeb, Shahab., Pirouz, Martin., Sun, Johann., Hall, Kaylee., Chang, Andrew., Li, Jessica., Song, Connor., Chauhan, Apoorva., Ferra, Michael., Sager, Theresa., Zhan, Justin & Latifi, Shahram. 2018. Toward Predicting Medical Conditions Using K-Nearest Neighbors. *IEEE International Conference on Big Data* 3897– 3903.
- Kansadub, Teerapat, and Sotarath Thammaboosadee. 2018. “Stroke Risk Prediction Model Based on Demographic Data.” *8th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 3–5.