

Penerapan Algoritma Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Penyakit Gagal Jantung

Wulida Rahmadani¹, Anissa Febby Wijaya², Muhammad Nazar Umar³

^{1,2,3} Sistem Informasi, Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
e-mail: 20103085@ittelkom-pwt.ac.id¹, 20103103@ittelkom-pwt.ac.id²,
20103102@ittelkom-pwt.ac.id³

Abstrak

Gagal jantung adalah kondisi medis kritis yang mempengaruhi jutaan orang di seluruh dunia, memberikan beban yang signifikan pada sistem perawatan kesehatan dan menyebabkan tingkat morbiditas dan mortalitas yang substansial. Terdapat hampir 26 juta orang di seluruh dunia terkena penyakit jantung. Titik khawatirnya adalah, rasio ini diprediksi akan bertambah banyak pada tahun berikutnya, jika tindakan pencegahan tidak dilakukan secara efisien. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam kecerdasan buatan dan teknik *Learning Machine* telah membuka jalan baru bagi para profesional kesehatan untuk meningkatkan diagnosis dan prognosis di berbagai bidang medis. Penelitian ini akan bertujuan membuat model *Artificial Intelligence* yang bisa memprediksi penyakit gagal jantung pada manusia dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network*. Metode *Artificial Neural Network* merupakan algoritma yang mencontoh cara kerja pada jaringan saraf biologis di otak manusia. Berdasarkan rangkaian proses yang sudah dilakukan penelitian kali ini, dan telah disimpulkan bahwa hasil dari penelitian kali ini sudah berhasil mengembangkan model prediksi gagal jantung dengan menerapkan algoritma *Artificial Neural Network (ANN)* dan mendapatkan hasil akurasi terbaik yaitu sebesar 97%.

Kata Kunci: Gagal Jantung, Kecerdasan Buatan, *Learning Machine*, *Artificial Neural Network (ANN)*

Abstract

Heart failure is a critical medical condition that affects millions of people worldwide, places a significant burden on the health care system and causes substantial levels of morbidity and mortality. There are nearly 26 million people worldwide affected by heart disease. The worrying point is, this ratio is expected to increase rapidly in the coming years, if preventive measures are not implemented efficiently. In recent years, advances in artificial intelligence and Machine Learning techniques have opened up new avenues for healthcare professionals to improve diagnosis and prognosis in various medical fields. This research will aim to create an Artificial Intelligence model that can predict heart failure in humans using the Artificial Neural Network (ANN) method. The ANN method is an algorithm inspired by the workings of biological neural networks in the human brain. Based on the series of processes carried out in this study, it can be concluded that this study has succeeded in building a heart failure prediction model using the Artificial Neural Network (ANN) algorithm by obtaining the best accuracy of 97%.

Keywords: Heart Failure, Artificial Intelligence, *Learning Machine*, *Artificial Neural Network (ANN)*

1. PENDAHULUAN

Gagal jantung adalah kondisi medis kritis yang mempengaruhi jutaan orang di seluruh dunia, memberikan beban yang signifikan pada sistem perawatan kesehatan dan menyebabkan tingkat morbiditas dan mortalitas yang substansial [1]. Gagal jantung adalah kondisi medis yang terjadi ketika jantung tidak mampu memompa cukup darah untuk memenuhi kebutuhan tubuh. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti penyakit arteri koroner, tekanan darah tinggi, dan serangan jantung [2]. Diperkirakan,

terdapat hampir 26 juta orang di seluruh dunia terkena penyakit jantung. Titik khawatirnya adalah, rasio ini diprediksi akan mengalami peningkatan pada tahun mendatang, jika tindakan pencegahan tidak dilakukan secara efisien [3].

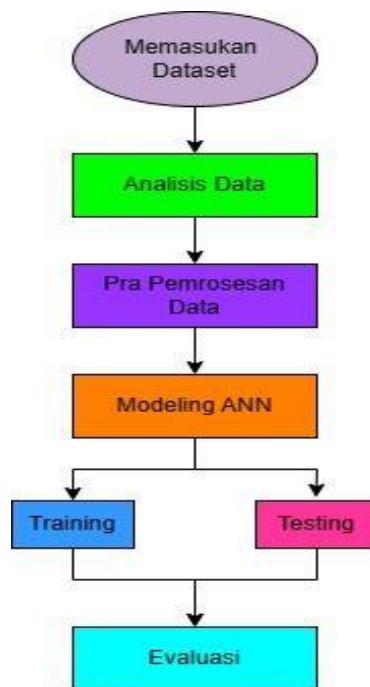
Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam kecerdasan buatan dan teknik *Learning Machine* telah membuka jalan baru bagi para profesional kesehatan untuk meningkatkan diagnosis dan prognosis di berbagai bidang medis [4]. Deteksi dini dan prediksi akurat risiko gagal jantung sangat penting untuk meningkatkan hasil diagnosis pasien dan mengoptimalkan sumber daya kesehatan. Maka dari itu, penelitian ini akan bertujuan membuat model *Artificial Intelligence* yang bisa memprediksi penyakit gagal jantung pada manusia.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi hasil yang baik dalam memprediksi berbagai penyakit. Pada tahun 2022, telah dilakukan penelitian dengan menerapkan metode *Convolution Neural Network (CNN)* untuk mendeteksi kanker payudara dengan komposisi data training sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20%, lalu didapatkan hasil akurasi sebesar 80% [5]. Pada tahun 2022, juga telah dilakukan penelitian dengan menerapkan metode CRISP-DM dan algoritma *Artificial Neural Network (ANN)* untuk memprediksi penyakit diabetes. Dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebanyak 70 persen untuk data *training*, 20 persen pada data *testing*, dan 20 persen untuk proses validasi. Lalu, hasil akurasi yang didapatkan dari model yang sudah dibangun yaitu sebesar 88% [6]. Penelitian lainnya dilakukan analisis perbandingan algoritma, yaitu KNN, SVM, dan *Naïve Bayes*, yang akan diterapkan untuk memprediksi penyakit jantung. Hasil dari ketiga metode tersebut yang sudah diukur dengan menerapkan matriks akurasi, kemudian diperoleh jika menerapkan metode *Naïve Bayes* didapatkan hasil akurasi yang paling tinggi yaitu sebesar 86,6% [7].

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, hasil akurasi tertinggi yakni pada algoritma *Artificial Neural Network (ANN)* sebesar 88%. Maka dari itu, pada penelitian kali ini akan menerapkan metode *ANN. Artificial Neural Network (ANN)* merupakan metode yang mencontoh cara kerja dari jaringan saraf biologis pada otak manusia. *ANN* berupaya merumuskan model matematika pada bagian otak manusia yang terdiri dari unsur pemrosesan yang dikenal dengan neuron dan jaringan di antaranya yang dinamakan koefisien. Ciri yang terdapat pada model ini ditetapkan oleh arsitektur jaringan, fungsi aktivasi, dan proses pelatihan. Kelebihan *ANN* dalam memprediksi diagnosa medis dibandingkan algoritma lainnya adalah tidak memerlukan informasi statistik untuk melakukan proses pelatihan, hubungan nonlinear yang terstruktur antara parameter dependen dan independen dapat dideteksi, kemungkinan interaksi antara parameter prediksi dapat dideteksi, dan mampu dikembangkan dengan beberapa metode dalam proses pelatihan [8]. Pada riset ini, akan mengimplementasikan algoritma *ANN* untuk prediksi pasien gagal jantung serta kami harap model yang dikembangkan ini dapat memberikan keakurasian yang baik dan tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian akan digambarkan melalui diagram alir yang dapat terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Memasukkan Dataset

Pada tahap pertama ini, akan dilakukan pengumpulan dan pemilahan data untuk menentukan dataset yang akan digunakan. Pengambilan dataset berasal dari *website kaggle.com*. Lalu, dataset akan dimasukkan dalam pemodelan ANN.

2.2. Analisis Data

Pada tahap kedua dilakukan analisis data dengan tujuan untuk mendapatkan informasi distribusi dari dataset yang sudah dimasukkan. Tujuan dari eksplorasi data adalah untuk mengidentifikasi pola, korelasi, dan karakteristik penting dalam dataset yang dapat membantu dalam merancang model ANN yang efektif [9]. Berikut adalah langkah dalam analisis data, yaitu [10]:

2.2.1. Statistik Deskriptif

Menghitung ringkasan statistik, seperti rata-rata, median, standar deviasi, dan rentang, untuk setiap fitur dalam kumpulan data. Statistik deskriptif memberikan pemahaman dasar tentang distribusi dan variabilitas data.

2.2.2. Visualisasi Data

Membuat representasi grafis dari data, seperti histogram, plot pencar, dan plot kotak, untuk memahami pola secara visual, mendeteksi outlier, dan menjelajahi hubungan antar fitur. Visualisasi data membantu mengungkap struktur dan tren tersembunyi dalam data.

2.2.3. Analisis Korelasi

Menghitung korelasi antara setiap pasangan fitur untuk menemukan hubungan linier antara fitur-fitur. Korelasi tinggi antara fitur-fitur dapat menunjukkan adanya redundansi dalam data dan dapat mempengaruhi kinerja model.

2.3. Pra-Pemrosesan Data

Pra-pemrosesan data yaitu sebuah langkah penting yang digunakan untuk membersihkan data dan membuatnya berguna untuk eksperimen apa pun yang terkait dengan *Machine Learning* atau *Data Mining* [11]. Dalam studi ini, beberapa langkah *preprocessing* diterapkan pada dataset terpilih. Tujuan dari *preprocessing* adalah untuk mengubah dan mempersiapkan data agar sesuai dengan persyaratan dan karakteristik dari model ANN yang akan digunakan. *Preprocessing* membantu meningkatkan kinerja model dan memastikan bahwa data siap digunakan dalam proses pembelajaran dan prediksi [12].

2.4. Modelling ANN

Pada tahap kali ini melibatkan *Machine Learning* untuk secara langsung menetapkan metode *Data Mining* yang akan diterapkan. Pada tahapan kali ini, akan membangun konsep pemodelan yang terbaik seraya memilih metode yang akan diterapkan. Kemudian menyusun model dengan memanfaatkan metode ANN (*Artificial Neural Network*). Lapisan pada ANN, dikategorikan menjadi 3, yaitu: 1) *Input Layer*, 2) *Hidden Layer*, dan 3) *Output Layer* [13].

2.5. Evaluasi

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kinerja dari variasi yang akan dihasilkan oleh metode yang dikembangkan. Tolak ukur yang digunakan untuk mengevaluasi metode yaitu *confusion* matriks, yang berisi patokan untuk skor akurasi, *recall*, presisi, dan F-1. Skor akurasi menerangkan seberapa akuratnya dari model mengkategorikan dengan benar. Skor *recall* mendefinisikan keefektifan pada model dalam memperbaiki data. Skor presisi menerangkan akurasi antara data yang diminta dan hasil prediksi yang diserahkan oleh model. Skor F-1 menerangkan perbandingan rata-rata antara *recall* dan presisi [14]. Nilai ini dapat ditentukan dengan perhitungan berikut [15]:

$$Accuracy = \frac{(Jumlah\ klasifikasi\ benar)}{Total\ sampel\ testing\ yang\ diuji} \times 100\% \quad (1)$$

$$Recall = \frac{(True\ Positive)}{(True\ Positive + False\ Negative)} \times 100\% \quad (2)$$

$$Precision = \frac{(True\ Positive)}{(True\ Positive + False\ positive)} \times 100\% \quad (3)$$

$$F - 1\ score = 2 \times \frac{(precision \times recall)}{(precision + recall)} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Memasukkan Dataset

Data yang diterapkan pada penelitian ini berasal dari situs *kaggle.com*, yaitu *Heart Disease Dataset*. Dataset ini terdiri dari 1025 data dengan 14 kolom atribut termasuk di dalamnya kolom target, yaitu merujuk terdapatnya penyakit jantung pada pasien. Itu adalah bilangan bulat bernilai 0 = tidak ada penyakit dan 1 = penyakit [16].

Tabel 1. Data Overview dan Deskripsi Atribut

No.	Atribut	Deskripsi	Nilai
1	<i>Age</i>	Atribut pertama adalah mendefinisikan usia orang tersebut. [Usia minimum: 29, Usia maksimum: 77]	29-77
2	<i>Sex</i>	Atribut nomor dua menggambarkan jenis kelamin seseorang. "0" artinya wanita dan "1" artinya pria]	0, 1
3	<i>CP</i>	Atribut ketiga adalah mendefinisikan tingkat nyeri dada (CP) yang diderita pasien, saat dibawa ke rumah sakit. Ada empat jenis nilai yang berbeda yang didefinisikan untuk atribut ini, dimana masing-masing nilai menggambarkan tingkat nyeri dada.	0, 1, 2, 3,
4	<i>RestBP</i>	Atribut berikutnya menjelaskan tentang angka tekanan darah (BP) pasien selama dirawat di rumah sakit. [BP minimum: 94, BP maksimum: 200]	94-200
5	<i>Chol</i>	Kolom ini menunjukkan kadar kolesterol yang tercatat saat pasien dirawat di rumah sakit. [Chol minimum: 126, Chol maksimum: 564]	126-564
6	<i>FBS</i>	Atribut selanjutnya adalah mendeskripsikan kadar gula darah puasa pada pasien. Ini memiliki nilai-nilai diklasifikasikan biner. Nilainya tergantung pada, jika pasien memiliki gula lebih dari 120mg/dl = 1, jika tidak = 0.	0, 1
7	<i>RestECG</i>	Parameter ini menunjukkan hasil EKG dari 0 sampai 2. Dimana setiap nilai menunjukkan tingkat keparahan nyeri.	0, 1, 2
8	<i>Thalach</i>	Parameter ini menunjukan berapa kali jantung berdetak dalam 1 menit. Nilai maksimum detak jantung dihitung pada saat masuk [Minimum: 71, Maksimum: 202]	71-202
9	<i>Exang</i>	Parameter ini digunakan untuk mengetahui apakah olahraga menimbulkan angina atau tidak. Jika	0, 1

No.	Atribut	Deskripsi	Nilai
10	<i>OldPeak</i>	ya, nilainya adalah “1”, dan “0” untuk tidak. Atribut berikutnya adalah mendefinisikan status depresi pasien. Ini ditetapkan sebagai nilai bilangan real yang berbeda antara 0 dan 6,2.	0-6,2
11	<i>Slope</i>	Kondisi pasien selama latihan puncak. Nilai ini didefinisikan menjadi tiga segmen [Upsloping, Flat, Down sloping]	1, 2, 3
12	<i>CA</i>	Atribut ini menunjukkan status fluoroskopi. Ini menunjukkan berapa banyak <i>vessels</i> yang diwarnai.	0, 1, 2, 3
13	<i>Thal</i>	Parameter ini adalah jenis tes lain yang diperlukan untuk pasien yang mengalami nyeri dada atau kesulitan bernapas. Empat jenis nilai yang menunjukkan hasil uji Talium.	0, 1, 2, 3
14	<i>Target</i>	Ini adalah kolom terakhir dalam kumpulan data. Kolom Target ini juga dikenal sebagai kolom Kelas atau kolom Label. Karena kolom ini menjelaskan jumlah kategori, (kelas) yang ditentukan dalam file data. Sesuai dataset yang diambil dalam percobaan ini. Ada dua jenis kelas yang berbeda (0,1), di mana “0” berarti tidak ada kemungkinan Gagal Jantung, sedangkan “1” menyiratkan bahwa ada kemungkinan kuat gagal jantung pada pasien. Nilai “0” dan “1” didasarkan pada 13 parameter lain yang dijelaskan dalam kumpulan data di atas.	0, 1

3.2. Analisis Data

Langkah pertama dalam analisis data adalah dengan melakukan *data cleaning* dengan tujuan untuk mengetahui apakah ada data *null* atau *outlier* (abnormal) dalam dataset yang digunakan. Data abnormal sangat merugikan karena bisa mengganggu proses pembelajaran model dan menurunkan parameter secara signifikan. Outlier diidentifikasi untuk setiap atribut secara satu per satu. Setelah proses pembersihan data, jumlah baris dataset yang diaplikasikan berubah dari 1025 baris data menjadi 1024 baris data.

```
df.info()
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 1025 entries, 0 to 1024
Data columns (total 14 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   age         1025 non-null   int64
1   sex         1025 non-null   int64
2   cp          1025 non-null   int64
3   trestbps    1025 non-null   int64
4   chol        1025 non-null   int64
5   fbs         1025 non-null   int64
6   restecg     1025 non-null   int64
7   thalach     1025 non-null   int64
8   exang       1025 non-null   int64
9   oldpeak     1025 non-null   float64
10  slope       1025 non-null   int64
11  ca          1025 non-null   int64
12  thal        1025 non-null   int64
13  target      1025 non-null   int64
dtypes: float64(1), int64(13)
memory usage: 112.2 KB
```

Gambar 2. Hasil *Data Cleaning*

Lalu, langkah selanjutnya adalah melihat korelasi antar atribut pada dataset yang digunakan. Tujuannya adalah untuk menghitung korelasi antara setiap pasangan fitur untuk menemukan hubungan linier antara fitur-fitur.

	age	sex	cp	trestbps	chol	fbs	restecg	thalach	exang	oldpeak	slope	ca	thal	target
age	1.00	-0.10	-0.07	0.27	0.22	0.12	-0.13	-0.39	0.09	0.21	-0.17	0.27	0.07	-0.23
sex	-0.10	1.00	-0.04	-0.08	-0.20	0.03	-0.06	-0.05	0.14	0.08	-0.03	0.11	0.20	-0.28
cp	-0.07	-0.04	1.00	0.04	-0.08	0.08	0.04	0.31	-0.40	-0.17	0.13	-0.18	-0.16	0.43
trestbps	0.27	-0.08	0.04	1.00	0.13	0.18	-0.12	-0.04	0.06	0.19	-0.12	0.10	0.06	-0.14
chol	0.22	-0.20	-0.08	0.13	1.00	0.03	-0.15	-0.02	0.07	0.06	-0.01	0.07	0.10	-0.10
fbs	0.12	0.03	0.08	0.18	0.03	1.00	-0.10	-0.01	0.05	0.01	-0.06	0.14	-0.04	-0.04
restecg	-0.13	-0.06	0.04	-0.12	-0.15	-0.10	1.00	0.05	-0.07	-0.05	0.09	-0.08	-0.02	0.13
thalach	-0.39	-0.05	0.31	-0.04	-0.02	-0.01	0.05	1.00	-0.38	-0.35	0.40	-0.21	-0.10	0.42
exang	0.09	0.14	-0.40	0.06	0.07	0.05	-0.07	-0.38	1.00	0.31	-0.27	0.11	0.20	-0.44
oldpeak	0.21	0.08	-0.17	0.19	0.06	0.01	-0.05	-0.35	0.31	1.00	-0.58	0.22	0.20	-0.44
slope	-0.17	-0.03	0.13	-0.12	-0.01	-0.06	0.09	0.40	-0.27	-0.58	1.00	-0.07	-0.09	0.35
ca	0.27	0.11	-0.18	0.10	0.07	0.14	-0.08	-0.21	0.11	0.22	-0.07	1.00	0.15	-0.38
thal	0.07	0.20	-0.16	0.06	0.10	-0.04	-0.02	-0.10	0.20	0.20	-0.09	0.15	1.00	-0.34
target	-0.23	-0.28	0.43	-0.14	-0.10	-0.04	0.13	0.42	-0.44	-0.44	0.35	-0.38	-0.34	1.00

Gambar 3. Hasil Korelasi Atribut

3.3. Pra-Pemrosesan Data

Selanjutnya dilakukan pra-pemrosesan data atau *preprocessing* dengan langkah pertama yaitu menentukan *feature set*, dilanjutkan dengan melakukan normalisasi data untuk variabel X. Lalu, dilakukan pengelompokan data menjadi dua bagian yaitu data latih (*Data Training*), dan data uji (*Data Testing*) sesuai dengan ketersediaan data. Untuk data *training* adalah sebesar 85%, sedangkan data *testing* adalah sebesar 15%.

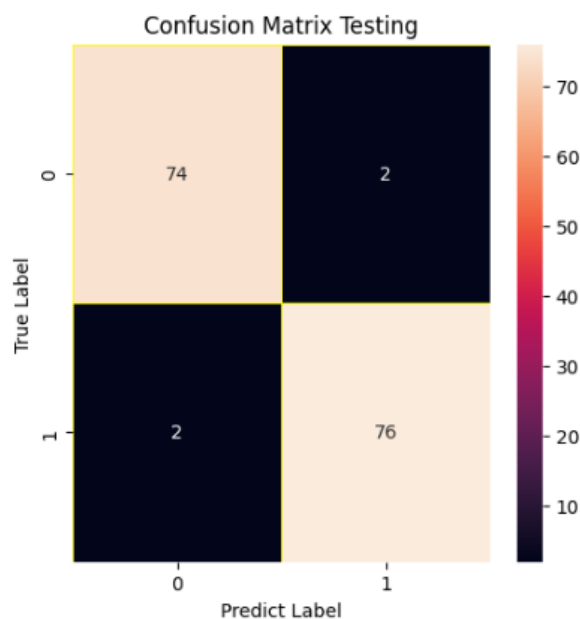
3.4. Modelling ANN

Algoritma *Artificial Neural Network* digunakan sebagai teknik pemodelan dan *library Scikit-Learn* dalam bahasa pemrograman *Python* digunakan untuk

mengimplementasikan algoritma. Pada tahap ini, dilakukan pemilihan desain untuk melakukan pengujian dari teknik pemodelan yang telah dipilih. Metode yang diterapkan pada penelitian ini yaitu *confusion matrix* yang menghasilkan nilai skor presisi, akurasi, *recall*, serta F1.

3.5. Evaluasi

Pada tahapan ini, akan dilakukan evaluasi dengan *confusion matrix* yang digunakan sebagai parameter yang secara mendasar memberikan informasi mengenai perbandingan dari hasil yang dibuat oleh model dengan melihat skor akurasi, presisi, *recall*, serta skor F1. Berikut adalah hasil evaluasi dari model yang telah dibangun.



Gambar 4. Hasil *Confusion Matrix* pada data *testing*

Berlandaskan hasil yang tercantum pada gambar 4, bagian kanan bawah merupakan *True Positive (TP)* dengan total 76, kiri bawah yaitu *False Negative (FN)* berjumlah 2, kanan atas merupakan *False Positive (FP)* dengan total 2, dan kiri atas merupakan *True Negative (TN)* dengan total 74. Kemudian, didapatkan hasil skor akurasi yakni sebesar 0.97, presisi = 0.97, *recall* = 0.97, dan F1 = 0.97. Sehingga tingkat akurasi yang didapatkan dari algoritma ANN yang telah dibangun adalah sebesar 97% dengan jumlah prediksi *true* 150 data dari jumlah data *testing* yang sebanyak 154 data.

4. KESIMPULAN

Berlandaskan rangkaian dari proses yang telah dilakukan pada riset ini, didapatkan kesimpulan bahwa riset ini telah berhasil membangun model yang bisa memprediksi gagal jantung dengan memanfaatkan metode Artificial Neural Network (ANN). Proses pembersihan data secara signifikan mempengaruhi hasil akurasi algoritma ANN yang digunakan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Penelitian ini mendapatkan akurasi terbaik sebesar 97%, dan diharapkan pada penelitian berikutnya

dapat memperbanyak jumlah data dengan demikian model yang dihasilkan mampu mendapatkan akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Nursita and A. Pratiwi, "Peningkatan Kualitas Hidup Pada Pasien Gagal Jantung: A Narrative Review Article," *J. Ber. Ilmu Keperawatan*, vol. 13, no. 1, p. 11, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.23917/bik.v13i1.11916>
- [2] F. S. Alotaibi, "Implementation of machine learning model to predict heart failure disease," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 6, pp. 261–268, 2019, doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100637.
- [3] C. W. Tsao *et al.*, *Heart Disease and Stroke Statistics - 2023 Update: A Report from the American Heart Association*, vol. 147, no. 8. 2023. doi: 10.1161/CIR.0000000000001123.
- [4] R. T. Prasetyo and S. Susanti, "Prediksi Harapan Hidup Pasien Kanker Paru Pasca Operasi Bedah Toraks Menggunakan Boosted k-Nearest Neighbor," *J. Responsif*, vol. 1, no. 1, pp. 64–69, 2019, [Online]. Available: <http://ejurnal.univbsi.id/index.php/jti>
- [5] M. Lestandy, "Deteksi Dini Kanker Payudara Menggunakan Metode Convolution Neural Network (CNN)," *Inspir. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 12, no. 1, p. 65, 2022, doi: 10.35585/inspir.v12i1.2667.
- [6] C. M. K, E. Haryatmi, R. Y. Fajriatifah, and Y. H. Puspita, "Penyakit Diabetes menggunakan Algoritma Artificial Neural Network," *J. Data Sci. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 46–52, 2022.
- [7] S. Anitha and N. Sridevi, "HEART DISEASE PREDICTION USING DATA MINING TECHNIQUES S Anitha , N Sridevi To cite this version : HAL Id : hal-02196156," *J. Anal. Comput.*, no. 02196156, 2019, [Online]. Available: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02196156/document>
- [8] E. C. P. Witjaksana, R. R. Saedudin, and V. P. Widartha, "Perbandingan Akurasi Algoritma Random Forest dan Algoritma Artificial Neural Network untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 9765–9772, 2021.
- [9] H. Putra and N. Ulfa Walmi, "Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–107, 2020, doi: 10.25077/teknosi.v6i2.2020.100-107.
- [10] M. A. W. Z. M. N. Situmorang, "Architectural Model of Backpropagation ANN for Prediction of Population-Based on Sub-Districts in Pematangsiantar City | Situmorang | IJISTECH (International Journal of Information System & Technology)," *Int. J. Inf. Syst. Technol.*, no. 1, pp. 98–106, 2019, [Online]. Available: <http://www.ijistech.org/ijistech/index.php/ijistech/article/view/39/39>
- [11] I. Yunirakhman, Adiwijaya, and W. Astuti, "Klasifikasi Data Microarray dengan Metode Artificial Neural Network dan Genetic Algorithm untuk Kasus Deteksi Kanker," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 9796–9806, 2019.
- [12] P. Purwono, P. Dewi, S. K. Wibisono, and B. P. Dewa, "Model Prediksi Otomatis Jenis Penyakit Hipertensi dengan Pemanfaatan Algoritma Machine Learning Artificial Neural Network," *Insect (Informatics Secur. J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2,

pp. 82–90, 2022, doi: 10.33506/insect.v7i2.1828.

- [13] A. S. Kurniawan, “Implementasi Metode Artificial Neural Network Dalam Memprediksi Hasil Ujian Kompetensi Kebidanan (Studi Kasus Di Akademi Kebidanan Dehasen Bengkulu),” *Pseudocode*, vol. 5, no. 1, pp. 37–44, 2018, doi: 10.33369/pseudocode.5.1.37-44.
- [14] L. Meilina, I. N. S. Kumara, and I. N. Setiawan, “Literature Review Klasifikasi Data Menggunakan Metode Cosine Similarity dan Artificial Neural Network,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 307, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i02.p15.
- [15] S. Y. Prasetyo, “Prediksi Gagal Jantung Menggunakan Artificial Neural Network,” *J. SAINTEKOM*, vol. 13, no. 1, pp. 79–88, 2023, doi: 10.33020/saintekom.v13i1.379.
- [16] D. Lapp, “Heart Disease Dataset,” *Kaggle*, 2019. <https://www.kaggle.com/datasets/johnsmith88/heart-disease-dataset>