

PENERAPAN FORECASTING UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT JANTUNG DENGAN ALGORITMA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Muhammad Irfan Rafi Aqdllah¹, Aditya Prariyadi Wibowo², Ardiyan Rasendriya Prakoso³, Tedy Setiadi⁴

^{1,2,3,4} Informatika, Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa
Yogyakarta 55191

E-mail : aditya2100018433@webmail.uad.ac.id²

Abstrak

Penyakit jantung masih menjadi salah satu tantangan terbesar dalam bidang kesehatan, dengan deteksi dini menjadi kunci untuk pencegahan dan pengobatan yang tepat. Untuk meningkatkan deteksi dini, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode analisis prediktif dengan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mendeteksi risiko penyakit jantung berdasarkan dataset yang diambil dari IEEE Dataport. Data yang dikumpulkan dari kumpulan data penyakit jantung digunakan untuk melatih dan menguji model ini, dengan tujuan akhir membuat prediksi mengenai keberadaan penyakit jantung dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa model ANN memiliki kemampuan deteksi penyakit jantung yang baik. Untuk mengevaluasi performa model dalam memprediksi keberadaan penyakit jantung, evaluasi model dilakukan dengan menggunakan berbagai metrik performa yang menghasilkan akurasi sebesar 82.83%, presisi 82.89%, recall 82.65%, dan RMSE 0.372. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem deteksi dini menggunakan pendekatan analisis prediktif yang dapat memberikan informasi dalam proses diagnosis penyakit jantung.

Kata kunci : Penambangan Data, Prediksi, Jaringan Syaraf Tiruan, Penyakit Jantung

Abstract

Heart disease remains one of the biggest challenges in the health sector, with early detection being the key to prevention and appropriate treatment. To improve early detection, this research proposes the use of a predictive analysis method with the Artificial Neural Network (ANN) algorithm to detect the risk of heart disease based on a dataset taken from IEEE Dataport. Data collected from heart disease datasets is used to train and test these models, with the ultimate goal of making predictions about the presence of heart disease with a high degree of accuracy. The experimental results show that the ANN model has good heart disease detection capabilities. To see the model's performance in predicting the presence of heart disease, model evaluation was carried out using various performance metrics which resulted in an accuracy of 82.83%, precision of 82.89%, recall of 82.65%, and RMSE of 0.372. This research contributes to the development of an early detection system using a predictive analysis approach that can provide information in the process of diagnosing heart disease.

Keywords : Data Mining, Forecasting, Artificial Neural Network, Heart Disease

1. PENDAHULUAN

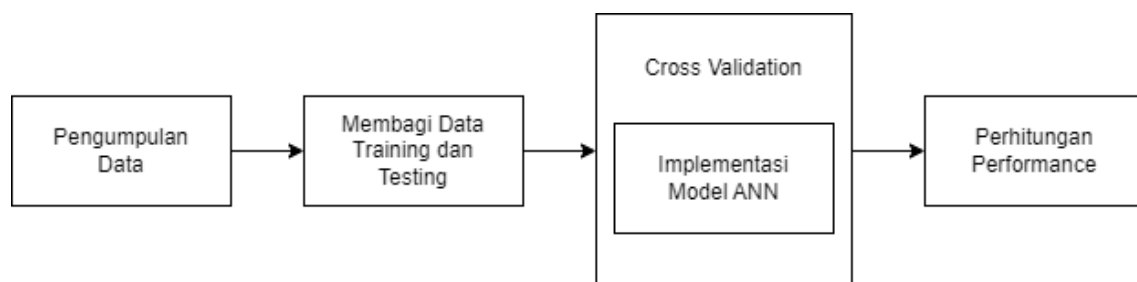
Penyakit kardiovaskular (CVD) adalah penyebab utama kematian di seluruh dunia, menewaskan sekitar 17,9 juta orang setiap tahunnya, itu merupakan kelompok gangguan pada jantung dan pembuluh darah yang meliputi penyakit jantung koroner, penyakit serebrovaskular, dan rematik [1]. Di Indonesia, penyakit jantung koroner dilaporkan menjadi penyebab kematian utama sebesar 26,4%, empat kali lebih tinggi dibandingkan kematian akibat kanker (6%) [2]. Serangan jantung terjadi ketika aliran darah menuju jantung terhenti untuk sementara, menyebabkan kematian beberapa sel jantung [3]. Dua kategori utama faktor risiko penyakit jantung koroner adalah faktor risiko yang bersifat alami dan faktor risiko yang dapat diperbaiki. Faktor risiko yang dapat diperbaiki termasuk dislipidemia, diabetes melitus, stres, infeksi, kebiasaan merokok, pola makan yang tidak sehat, kurang gerak, dan obesitas. Faktor risiko yang bersifat alami termasuk usia, jenis kelamin, dan riwayat keluarga [4]. Faktor risiko penyakit jantung koroner yang dominan adalah hipertensi, gangguan kesehatan mental, dan diabetes melitus [5].

Dengan meningkatnya beban penyakit jantung, pencegahan dan deteksi dini menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan kesehatan masyarakat. Solusi inovatif untuk meningkatkan upaya deteksi dini penyakit jantung adalah penggunaan forecasting menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). *Neural network* alat yang berguna untuk rekayasa pengetahuan dan data mining, karena dapat belajar dari data untuk membuat pengklasifikasian berbasis fitur dan model prediktif nonlinier [6]. *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan model komputasi yang dilatih tentang struktur saraf organisme cerdas untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih baik [7].

Kajian literatur menunjukkan bahwa kemajuan dalam teknologi informasi dan kecerdasan buatan, khususnya algoritma *Artificial Neural Network* (ANN), sangat membantu dalam memprediksi penyakit, termasuk penyakit jantung. Sebagai tolak ukur dalam kajian literatur sebelumnya, algoritma *Neural Network backpropagation* memiliki akurasi 84,52% dalam memprediksi kesehatan jantung seseorang, bahwa dengan 14 fitur yang sama, algoritma *Neural Network* jauh lebih baik dalam memprediksi penyakit jantung [8]. *Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk memprediksi data dengan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan referensi dari penelitian yang relevan. Jenis *Artificial Neural Network* (ANN) yang biasa digunakan untuk melakukan prediksi adalah *backpropagation*, karena algoritma *backpropagation* dapat belajar dari data sebelumnya dan mengenali pola pada data [7]. Untuk melakukan evaluasi, rumus confusion matrix digunakan untuk menghitung nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* [9].

Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan deteksi dini penyakit jantung dengan mengusulkan dan menerapkan metode analisis prediktif menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). Melatih model ANN untuk melakukan prediksi risiko penyakit jantung dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji performa model dengan menggunakan berbagai matrik evaluasi, termasuk akurasi, presisi, recall, dan Root Mean Squared Error (RMSE). Dengan hasil percobaan menunjukkan kemampuan deteksi yang baik, penelitian ini berusaha untuk memberikan kontribusi pada pengembangan sistem deteksi dini penyakit jantung, yang diharapkan dapat menjadi alat yang efektif dalam proses diagnosis penyakit jantung.

2. METODOLOGI



Gambar 1. Alur kerja penelitian.

Data Mining merupakan suatu ilmu yang mengacu pada penambangan data, dimana data tersebut diolah untuk ditemukannya suatu informasi yang belum diketahui secara kompleks dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat [10]. Pada alur penelitian yang dirancang untuk mencapai tujuan penelitian dalam deteksi penyakit jantung menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN). *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan sistem yang meniru pola pada sel saraf otak manusia [11]. Dimulai dengan tahap pengumpulan data yang melibatkan akuisisi informasi kesehatan pasien seperti riwayat penyakit, faktor gaya hidup, dan hasil tes laboratorium. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah membagi dataset menjadi dua bagian utama, yaitu data training dan data testing. Data training akan digunakan untuk melatih model ANN, sementara data testing akan digunakan untuk menguji performa model yang telah dilatih.

Selanjutnya, penelitian ini mengimplementasikan prosedur *cross-validation* untuk memastikan keandalan model. *Cross-validation* merupakan teknik untuk membagi data ke dalam bagian data yang lain, dimana data yang telah dibagi akan difungsikan sebagai training set pada tiap pusatnya [12]. Dalam konteks

penelitian ini, metode *k-fold cross-validation* dapat digunakan, di mana dataset dibagi menjadi k subset, dan iteratif menggunakan k-1 subset untuk pelatihan, sementara subset yang tersisa digunakan untuk pengujian.

Setelah tahap *cross-validation*, penelitian melibatkan implementasi model ANN. Hal ini melibatkan pemilihan arsitektur jaringan yang sesuai, inisialisasi bobot dan bias, serta penentuan fungsi aktivasi. Pelatihan model dilakukan dengan menggunakan data training, di mana iterasi melalui langkah-langkah *forward* dan *backward propagation*. Dimana *forward propagation* adalah proses yang membawa data atau informasi melalui jaringan saraf dari lapisan input menuju lapisan output [13]. Sedangkan *backward propagation* (propagasi mundur) merupakan algoritma yang memiliki tujuan untuk meminimalisir nilai error atau kesalahan pada keluaran dengan kesimpulan akhir yang ditargetkan [14]. Berikut ini adalah prosesnya :

- a. Menginisialisasi bobot secara random

$$-0.5 \leq v_{ij} \leq 0.5 \quad (1)$$

- b. Menghitung besarnya bobot

$$|v_{ij}| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij})^2} \quad (2)$$

- c. Menentukan nilai bias

$$-\beta \leq v_{oj} \leq \beta \quad (3)$$

Keterangan :

v_{ij} : Bobot pada lapisan

n : Jumlah unit input

v_{oj} : Bias pada lapisan

- d. Proses forward propagation

1. Menentukan semua nilai yang diinputkan dengan nilai bobot :

$$y_in_j = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (4)$$

2. Menentukan nilai aktivasi setiap unit

$$y_i = f(y_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-y_in_j}} \quad (5)$$

Keterangan :

y_in_j : Jumlah sinyal yang masuk menuju neuron

y_j : Keluaran jaringan neuron

v_{ij} : Bobot pada lapisan

n : Jumlah unit input

x_{oj} : Bias pada lapisan

x_i : Pola masukan

e : Bilangan eksponensial

- e. Proses backward propagation

1. Menentukan nilai koreksi bobot tiap unit

$$\Delta v_{ij} = \alpha \frac{\partial E(v_{ij})}{\partial v_{ij}} = \alpha \delta_j x_i \quad (6)$$

Keterangan :

Δv_{ij} : Suku perubahan bobot

δ_j : Faktor kesalahan

x_i : Pola masukan

Terakhir, evaluasi performa model ANN dilakukan dengan menghitung berbagai metrik seperti akurasi, presisi, recall dan cross - entropy menggunakan data testing yang belum pernah dilihat model sebelumnya. Analisis hasil ini memberikan gambaran tentang sejauh mana model ANN mampu mendeteksi potensi risiko penyakit jantung. Dengan alur penelitian ini, diharapkan dapat tercapai tujuan penelitian untuk mengembangkan model analisis prediktif yang dapat memberikan kontribusi signifikan dalam diagnosis dini penyakit jantung.

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ Prediksi\ Benar}{Total\ Data} \quad (7)$$

$$Presisi = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (8)$$

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative} \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\left[\sum \frac{(p_i - o_i)^2}{n} \right]} \quad (10)$$

Dimana :

p_i : nilai prediksi data ke-i

o_i : nilai observasi data ke-i

n : ukuran sampel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Dataset

Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja model Artificial Neural Network (ANN) yang dikembangkan menggunakan dataset yang diperoleh dari IEEE Dataport [15]. Hal ini mencakup informasi tentang jumlah sampel data, jumlah fitur (variabel), dan jenis data yang terdapat dalam dataset. Pemahaman yang mendalam tentang struktur dataset menjadi dasar untuk menginterpretasikan hasil analisis prediktif yang dilakukan menggunakan model Artificial Neural Network (ANN) untuk mendeteksi penyakit jantung yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dataset mentah prediksi penyakit jantung.

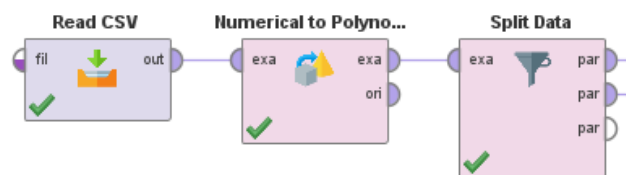
No.	Usia	Jenis Kelamin	Jenis Nyeri Dada	Tekanan Darah	Kolesterol	Gula darah	Elektro kardio gram	Detak Jantung Maksimal	Angina	Depresi ST	Kemirisan ST	Target
1.	40	1	2	140	289	0	0	172	0	0.0	1	0
2.	49	0	3	160	180	0	0	156	0	1.0	2	1
3.	37	1	2	130	283	0	1	98	0	0.0	1	0
4.	48	0	4	138	214	0	0	108	1	1.5	2	1
5.	54	1	3	150	195	0	0	122	0	0.0	1	0
6.	39	1	3	120	339	0	0	170	0	0.0	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1188	57	1	4	130	131	0	0	115	1	1.2	2	1
1189	57	0	2	130	236	0	2	174	0	0	2	1
1190	38	1	3	138	175	0	0	173	0	0	1	0

Tabel 2. Deskripsi dataset prediksi penyakit jantung.

No	Atribut	Unit	Tipe Data
1.	Usia	tahun	numerik
2.	Jenis kelamin	1 = laki-laki 0 = perempuan	biner
3	Jenis nyeri dada	1 = angina tipikal 2 = angina atipikal 3 = nyeri non-angina 4 = tanpa gejala	nominal
4	Tekanan darah saat istirahat	dalam mm Hg	numerik
5.	Kolesterol	dalam mg/dl	numerik
6.	Gula darah	gula darah > 120 mg/dl 1 = benar 0 = salah	biner
7.	Hasil elektrokardiogram istirahat	0 = normal 1 = mengalami kelainan gelombang ST-T (inversi gelombang T dan/atau elevasi atau depresi ST > 0,05 mV) 2 = menunjukkan ventrikel kiri yang mungkin atau pasti hipertrofi menurut kriteria Estes	nominal
8.	Detak jantung maksimum	71–202	numerik
9.	Angina	1 = benar 0 = salah	biner
10.	Depresi ST	depresi	numerik
11.	Kemiringan puncak latihan segmen ST	1 = menanjak 2 = datar 3 = menurun	nominal
12.	Target	1 = penyakit jantung 0 = normal	biner

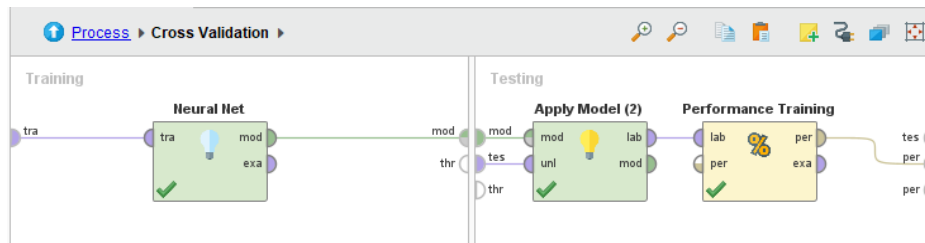
3.2 Membagi Data Training dan Data Testing

Pembagian data training dan data testing dari dataset yang diperoleh memegang peran penting dalam memvalidasi dan mengukur kinerja model Artificial Neural Network (ANN) yang akan dikembangkan. Ukuran persentase dari total dataset yang diambil yaitu, 70% data digunakan untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian.

**Gambar 2.** Pembagian dataset.

3.3 Melakukan Cross Validation pada Model ANN

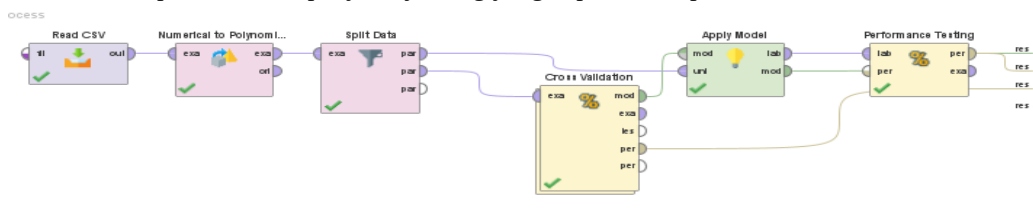
Penggunaan cross-validation pada model Artificial Neural Network (ANN) untuk menunjukkan keandalan dan kestabilan model yang dikembangkan. Langkah-langkah ini membantu mengurangi risiko overfitting dan memberikan perkiraan yang lebih objektif. Metode cross-validation yang digunakan yaitu k-fold cross-validation, di mana dataset dibagi menjadi $k = 10$ subset yang sama besar, dan model dilatih dan diuji $k = 10$ kali.



Gambar 3. Cross validation.

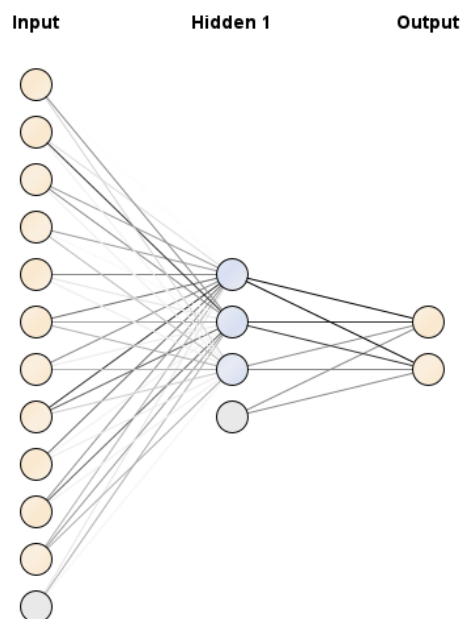
3.4 Implementasi Model ANN

Penelitian ini menggunakan platform analisis data RapidMiner untuk merancang model ANN dengan tujuan mendeteksi potensi risiko penyakit jantung yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain model ANN.

Pada Gambar 5 model ANN ini memiliki 12 input, mewakili fitur-fitur atau variabel-variabel yang digunakan dalam pengujian. Terdapat satu hidden layer dengan 3 node, yang berfungsi untuk mengekstraksi pola dan hubungan non-linear dalam data input. Output layer memiliki 2 node yang mewakili klasifikasi biner terkait risiko rendah atau tinggi terhadap penyakit jantung.



Gambar 5. Hasil model ANN.

Terdapat 1 hidden layer yang memiliki 3 node. Jumlah node ini mencerminkan kompleksitas jaringan dan kemampuannya untuk mengekstraksi pola-pola non-linear dari input. Selama proses pelatihan, model menyesuaikan bobot yang menghubungkan setiap input ke setiap node di hidden layer dan setiap node pada hidden layer juga memiliki nilai bias yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai bobot dan bias hidden 1.

Hidden 1				
No.	Atribut	Node 1 (Sigmoid)	Node 2 (Sigmoid)	Node 3 (Sigmoid)
1.	Usia	0.034	2.011	0.747
2.	Jenis kelamin	-0.578	3.576	0.242
3.	Jenis nyeri dada	1.766	2.053	-0.291
4.	Tekanan darah saat istirahat	1.766	0.108	1.206
5.	Kolesterol	-2.105	-0.478	-0.343
6.	Gula darah	2.664	-1.630	1.423
7.	Hasil elektrokardiogram istirahat	-2.124	0.347	-1.243
8.	Detak jantung maksimum	-3.669	-2.822	0.921
9.	Angina	2.579	-0.236	0.346
10.	Depresi ST	1.948	2.764	0.269
11.	Kemiringan puncak latihan segmen ST	1.389	1.842	-1.452
12.	Bias	-0.447	-1.426	0.173

Setelah nilai bobot dan bias pada hidden layer diperoleh, model Artificial Neural Network (ANN) menghasilkan 2 output yang dapat diinterpretasikan sebagai dua kelas atau kategori (0 = risiko rendah dan 1 = tinggi terhadap penyakit jantung) seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Output model.

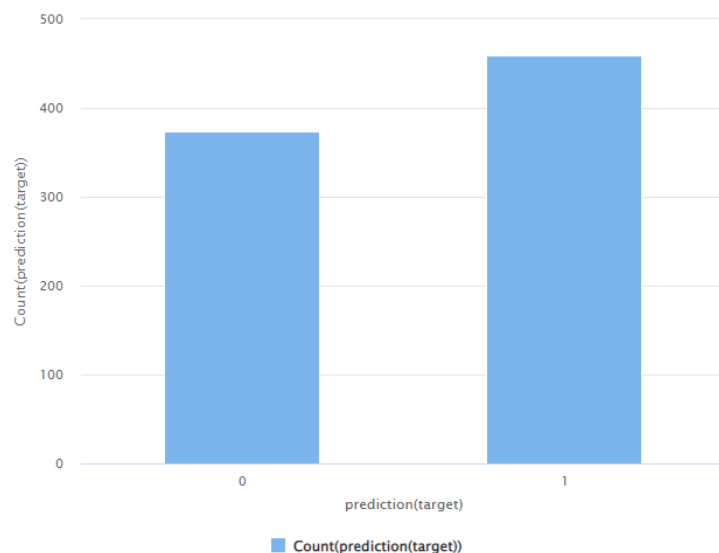
Output		
Node	Kelas '0' (Sigmoid)	Kelas '1' (Sigmoid)
1	-4.531	4.531
2	-3.638	3.637
3	2.036	-2.037
Threshold	2.127	-2.126

Tabel 5. Nilai prediksi penyakit jantung.

No.	target	prediksi(target)	confidence(0)	confidence(1)
1.	1	0	0.948	0.052
2.	1	1	0.104	0.896
3.	0	0	0.635	0.365
4.	0	0	0.958	0.042
5.	0	0	0.907	0.093
6.	0	0	0.971	0.029
7.	1	1	0.012	0.988
8.	0	0	0.957	0.043
9.	1	1	0.446	0.554
10.	0	0	0.997	0.023
11.	1	0	0.624	0.376
12.	0	0	0.974	0.026
13.	0	0	0.570	0.430
14.	0	0	0.979	0.021
15.	1	1	0.082	0.918
...	...	...	...	...
811.	0	1	0.373	0.627
812.	0	1	0.173	0.827
813.	1	0	0.968	0.032
814.	0	0	0.942	0.058
815.	1	0	0.839	0.161
816.	1	1	0.014	0.986
817.	0	0	0.954	0.046
818.	1	0	0.656	0.344
819.	1	1	0.152	0.848
820.	1	1	0.314	0.686
821.	0	1	0.377	0.623
822.	1	1	0.260	0.740

823.	0	0	0.980	0.020
824.	1	1	0.219	0.781
825.	1	1	0.202	0.798
826.	0	0	0.977	0.023
827.	1	1	0.012	0.988
828.	1	1	0.172	0.828
829.	1	0	0.705	0.295
830.	1	1	0.019	0.981
831.	1	1	0.010	0.990
832.	1	0	0.916	0.084
833.	0	0	0.961	0.039

Berdasarkan Tabel 5 model memberikan hasil prediksi berupa kategori 0 atau 1, yang mencerminkan risiko rendah atau tinggi terhadap penyakit jantung. Sedangkan confidence memberikan informasi tentang tingkat kepercayaan model terhadap prediksi tersebut. Contohnya pada label target pertama yang diberi uji kategori 1 (risiko tinggi) dan model menghasilkan prediksi kategori 0 (risiko rendah). Jika dilihat nilai $\text{confidence}(0) = 0.948$ dan $\text{confidence}(1) = 0.052$, ini menunjukkan bahwa model memberi tingkat kepercayaan 90% bahwa hasil prediksi adalah 0 (risiko rendah).



Gambar 6. Histogram prediksi penyakit jantung.

Pada Gambar 6 diatas dengan label klasifikasi (0 = risiko rendah dan 1 = risiko tinggi terhadap penyakit jantung) memberikan gambaran visual tentang sebaran prediksi yang dihasilkan oleh model. Histogram menunjukkan tinggi batang yang tinggi pada nilai 1 (risiko tinggi), ini menunjukkan bahwa model cenderung memprediksi risiko tinggi pada banyak kasus dari data 833 pasien yang diuji. Ditemukan bahwa 374 pasien diprediksi memiliki risiko rendah (target 0), sementara sebanyak 459 pasien diprediksi memiliki risiko tinggi (target 1).

3.5 Hasil Nilai Performance

accuracy: 82.83%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	312	62	83.42%
pred. 1	81	378	82.35%
class recall	79.39%	85.91%	

Gambar 7. Confusion matrix.

Tabel 6. Nilai performance.

Performance	
accuracy	82.83%
precision	82.89%
recall	82.65%
RMSE	0.361

Dari hasil nilai performance pada Tabel 6, diperoleh nilai akurasi untuk mengukur seberapa banyak prediksi yang benar dari keseluruhan prediksi. Dalam kasus ini, akurasi sebesar 82.83% menunjukkan bahwa seluruh prediksi yang dilakukan oleh model benar sesuai dengan label sebenarnya pada data uji. Presisi mengukur seberapa akurat model dalam memprediksi kelas tertentu, yaitu berapa persentase dari prediksi positif yang benar. Dengan rata - rata presisi sebesar 82.89%, dapat diinterpretasikan bahwa dari semua prediksi yang diberi label risiko tinggi, sekitar 82.89% di antaranya benar-benar risiko tinggi. Recall mengukur seberapa baik model dapat mendeteksi kelas tertentu, yaitu berapa persentase dari instance sebenarnya yang diklasifikasikan dengan benar. Dengan rata - rata recall sebesar 82.65%, dapat diartikan bahwa model mampu mendeteksi sekitar 82.65% dari semua kasus sebenarnya yang merupakan risiko tinggi. Nilai RMSE atau rata-rata kesalahan prediksi sekitar 0.361, ini menandakan bahwa prediksi yang diberikan oleh model cenderung mendekati nilai sebenarnya.

4. PENUTUP

Penerapan metode forecasting dengan menggunakan algoritma Artificial Neural Network (ANN) untuk mendeteksi penyakit jantung menghasilkan hasil penelitian yang menjanjikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Artificial Neural Network (ANN) mampu memberikan prediksi yang tinggi dengan tingkat akurasi sebesar 82.83%, presisi 82.89%, dan recall 82.65%. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mengklasifikasikan risiko penyakit jantung. Selain itu, dengan RMSE sebesar 0.361, dapat diinterpretasikan bahwa prediksi model memiliki tingkat kesalahan rata-rata sekitar 0.361. Ini mengindikasikan bahwa model ANN dapat memberikan perkiraan yang dekat dengan nilai aktual penyakit jantung. Model memiliki kemampuan untuk memberikan informasi yang bernilai dalam identifikasi risiko penyakit jantung secara dini. Hal ini membuka potensi untuk pengidentifikasian dini dan penanganan lebih lanjut terhadap individu yang berisiko tinggi, meningkatkan peluang untuk pencegahan dan pengelolaan penyakit jantung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Cardiovascular diseases," World Health Organization. Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1
- [2] "Hari Jantung Sedunia (World Heart Day): Your Heart is Our Heart Too," Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available:

- <https://p2ptm.kemkes.go.id/kegiatan-p2ptm/pusat-/hari-jantung-sedunia-world-heart-day-your-heart-is-our-heart-too#:~:text=Setidaknya%2C 15 dari 1000 orang,di Indonesia menderita penyakit jantung.>
- [3] “Myocardial infarction,” WIKIPEDIA. Accessed: Jan. 17, 2024. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Myocardial_infarction
 - [4] I. Iskandar, A. Hadi, and A. Alfridsyah, “Faktor Risiko Terjadinya Penyakit Jantung Koroner pada Pasien Rumah Sakit Umum Meuraxa Banda Aceh,” *AcTion Aceh Nutr. J.*, 2017, doi: 10.30867/action.v2i1.34.
 - [5] L. Ghani, M. D. Susilawati, and H. Novriani, “Faktor Risiko Dominan Penyakit Jantung Koroner di Indonesia,” *Bul. Penelit. Kesehat.*, 2016, doi: 10.22435/bpk.v44i3.5436.153-164.
 - [6] S. Scardapane and D. Wang, “Randomness in neural networks: an overview,” *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2017. doi: 10.1002/widm.1200.
 - [7] S. P. Siregar and A. Wanto, “Analysis of Artificial Neural Network Accuracy Using Backpropagation Algorithm In Predicting Process (Forecasting),” *IJISTECH (International J. Inf. Syst. Technol.)*, 2017, doi: 10.30645/ijistech.v1i1.4.
 - [8] H. M. Nawawi, J. J. Purnama, and A. B. Hikmah, “KOMPARASI ALGORITMA NEURAL NETWORK DAN NAÏVE BAYES UNTUK MEMPREDIKSI PENYAKIT JANTUNG,” *J. Pilar Nusa Mandiri*, 2019, doi: 10.33480/pilar.v15i2.669.
 - [9] Euis Saraswati, Yuyun Umaidah, and Apriade Voutama, “Penerapan Algoritma Artificial Neural Network untuk Klasifikasi Opini Publik Terhadap Covid-19,” *Gener. J.*, 2021, doi: 10.29407/gj.v5i2.16125.
 - [10] M. K. Amril Mutoi Siregar, S.Kom., M.Kom. DAN Adam Puspabhuana, S.Kom., *DATA MINING: Pengolahan Data Menjadi Informasi dengan RapidMiner*. CV Kekata Group, 2016.
 - [11] I. Kholis, “Analisis Variasi Parameter Backpropagation Artificial Neural Network Terhadap Pengenalan Pola Data Iris,” *J. Tek. Ilmu Komput.*, 2015.
 - [12] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, “Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation,” *J. Appl. Informatics Comput.*, 2020, doi: 10.30871/jaic.v4i1.2017.
 - [13] Mufidah Khairani, “Improvisasi Backpropagation menggunakan penerapan adaptive learning rate dan parallel training,” *TECHSI-Jurnal Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, 2014, doi: <https://doi.org/10.29103/techsi.v6i1.169>.
 - [14] J. E. N. Pretty Natalia Napitupulu, Abdi Rahim Damanik, “IMPLEMENTASI ALGORITMA BACKPROPAGATION JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PREDIKSI ANGKA HARAPAN HIDUP DI KOTA JAMBI,” *JPILKOM*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, 2023.
 - [15] M. Siddhartha, “Heart Disease Dataset (Comprehensive),” IEEE Dataport. Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://ieee-dataport.org/open-access/heart-disease-dataset-comprehensive>