

**IMPLEMENTASI MODEL TRANSFORMER MENGGUNAKAN
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) UNTUK PREDIKSI
PENYAKIT JANTUNG BERDASARKAN PARAMETER KLINIS**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi (*SI Informatika*)



disusun oleh
AVANKHA BARLIAN KABUCHI
22.11.4822

Kepada

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2026

IMPLEMENTASI MODEL TRANSFORMER MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) UNTUK PREDIKSI PENYAKIT JANTUNG BERDASARKAN PARAMETER KLINIS

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi (*SI Informatika*)



disusun oleh
AVANKHA BARLIAN KABUCHI
22.11.4822

Kepada

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2026

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

IMPLEMENTASI MODEL TRANSFORMER MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) UNTUK PREDIKSI PENYAKIT JANTUNG BERDASARKAN PARAMETER KLINIS

yang disusun dan diajukan oleh

AVANKHA BARLIAN KABUCHI
22.11.4822

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 11 Mei 2026

Dosen Pembimbing,



Ferian Fauzi Abdulloh, S.Kom, M.Kom.
NIK. 190302276

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

IMPLEMENTASI MODEL TRANSFORMER MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) UNTUK PREDIKSI PENYAKIT JANTUNG BERDASARKAN PARAMETER KLINIS

yang disusun dan diajukan oleh

AVANKHA BARLIAN KABUCHI

22.11.4822

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 11 Mei 2026

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Majid Rahardi, S.Kom., M.Eng.
NIK. 190302393

Supriatin, A.Md., S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302239

Ferian Fauzi Abdulloh, S.Kom, M.Kom.
NIK. 190302276

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 11 Mei 2026

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Prof. Dr. Kusrini, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : AVANKHA BARLIAN KABUCHI
NIM : 22.11.4822

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

**IMPLEMENTASI MODEL TRANSFORMER MENGGUNAKAN
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) UNTUK PREDIKSI
PENYAKIT JANTUNG BERDASARKAN PARAMETER KLINIS**

Dosen Pembimbing : Ferian Fauzi Abdullah, M.Kom.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, <tanggal lulus ujian skripsi>

Yang Menyatakan,



Avankha Barlian Kabuchi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa, karya ini saya persembahkan:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Karsun Edi Sukarna dan Ibu Sugiyati, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, inspirasi, dan motivasi utama dalam kehidupan penulis. Karya ini dipersembahkan sebagai bentuk ungkapan terima kasih yang tulus atas segala kasih sayang, doa, dukungan moral maupun material, serta pengorbanan yang tidak ternilai. Kesabaran, ketulusan, dan kepercayaan yang diberikan kepada penulis menjadi fondasi yang kokoh dalam menjalani setiap proses kehidupan, khususnya selama menempuh pendidikan hingga tahap penyelesaian skripsi ini. Semoga karya ini dapat menjadi wujud bakti dan penghargaan penulis kepada kedua orang tua yang selalu hadir dalam setiap langkah perjalanan hidup.
2. Bapak Ferian Fauzi Abdullah, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang konstruktif dengan penuh kesabaran dan ketelitian. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, tenaga, serta pemikiran yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Setiap saran dan arahan yang diberikan menjadi kontribusi penting dalam penyempurnaan karya ilmiah ini, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dengan lebih baik dan terarah.
3. Seluruh dosen Universitas Amikom Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta pengalaman akademik yang sangat berharga selama masa perkuliahan. Penulis menyadari bahwa ilmu yang telah diberikan menjadi bekal penting dalam menyusun skripsi ini maupun dalam menghadapi tantangan di masa depan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya atas dedikasi dan kontribusi para dosen dalam mencerdaskan dan membimbing mahasiswa.
4. Pissay Nada Bayong Rieka Kirana, yang telah memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta motivasi kepada penulis dalam setiap proses

penyusunan skripsi ini. Kehadirannya memberikan warna tersendiri dalam perjalanan akademik penulis, terutama dalam menghadapi berbagai tantangan dan tekanan selama penyusunan karya ilmiah ini. Dukungan yang diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung, menjadi salah satu faktor yang membantu penulis untuk tetap konsisten, kuat, dan bersemangat hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Sahabat suka dan duka, Honnas, Yogie, Risma, dan Iqbal, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan kehidupan penulis selama masa perkuliahan. Kebersamaan, dukungan, serta semangat yang diberikan dalam berbagai situasi, baik dalam keadaan sulit maupun menyenangkan, telah memberikan kontribusi besar dalam menjaga semangat dan motivasi penulis. Kehadiran mereka tidak hanya sebagai teman, tetapi juga sebagai sumber kekuatan yang membantu penulis melewati berbagai dinamika kehidupan akademik hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Diri sendiri, Avankha Barlian Kabuchi, yang telah berjuang dengan penuh ketekunan, kesabaran, dan semangat dalam menghadapi berbagai tantangan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas usaha yang tidak pernah berhenti, atas keberanian untuk terus melangkah meskipun dihadapkan pada berbagai kesulitan, serta atas kemampuan untuk tetap bertahan hingga mencapai titik ini. Semoga ke depannya dapat terus berkembang menjadi pribadi yang lebih baik, lebih kuat, dan lebih siap dalam menghadapi berbagai tantangan kehidupan.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat serta menjadi langkah awal dalam perjalanan panjang untuk mencapai tujuan dan cita-cita di masa depan.

KATA PENGANTAR

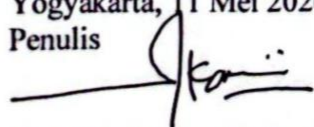
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Informatika.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak/Ibu Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi S1 Informatika yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti.
5. Seseorang yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis, yaitu Pissay Nada Bayong Rieka Kirana.
6. Seluruh pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 11 Mei 2026
Penulis



Avankha Barlian Kabuchi

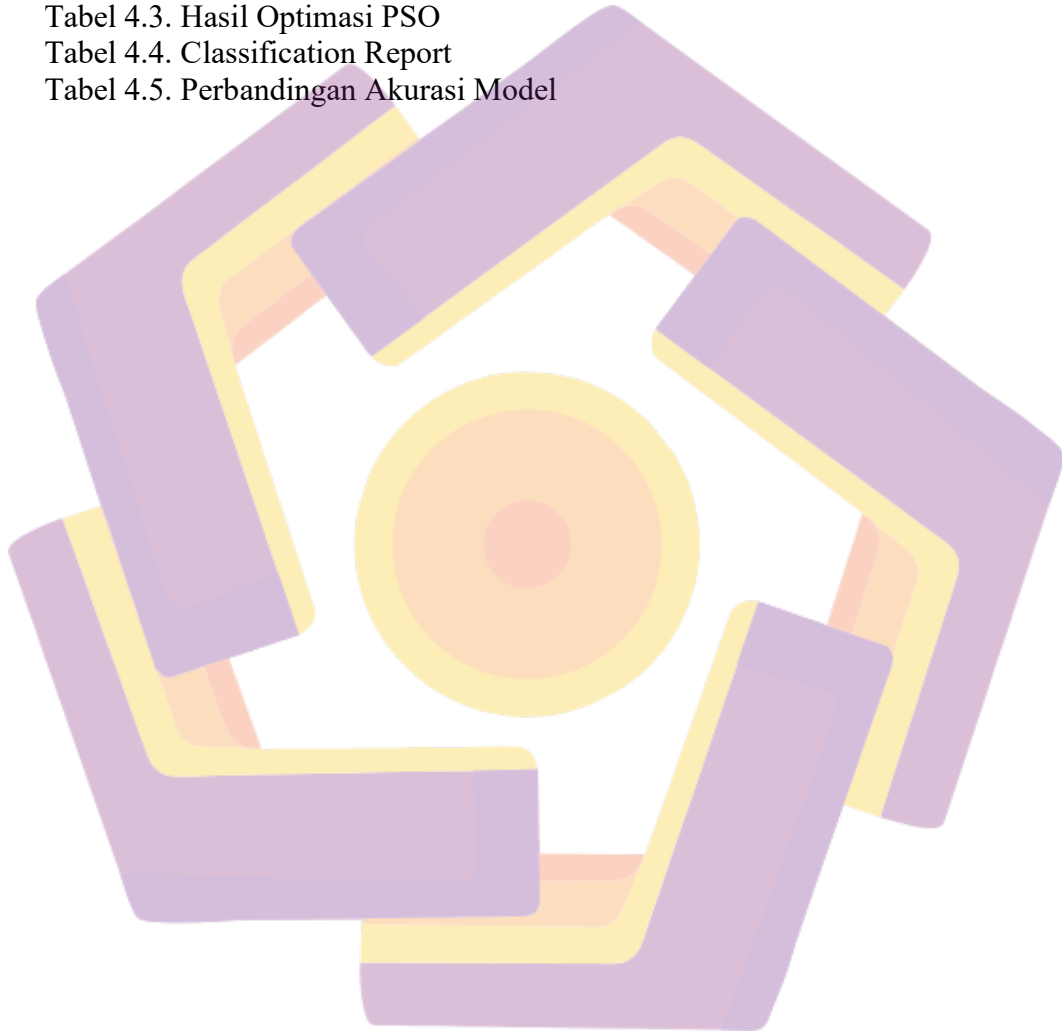
DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	IV
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR LAMPIRAN.....	XII
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	XIII
DAFTAR ISTILAH	XV
INTISARI.....	XX
ABSTRACT.....	XXI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 STUDI LITERATUR	7
2.1.1 Prediksi Penyakit Jantung dengan Model Machine Learning.....	13
2.1.2 Adaptasi Arsitektur Transformer ke Data Tabular.....	13
2.1.3 Optimasi Hyperparameter dengan PSO	14
2.1.4 Implementasi Transformer dan PSO.....	14
2.1.5 Tantangan Representasi Data Klinis dan Model Transformer.....	14
2.1.6 Evaluasi Kinerja Model Prediksi dan Metrik yang Umum Digunakan	15
2.1.7 Gap Penelitian dan Kontribusi yang Diharapkan	15
2.2 DASAR TEORI.....	16
2.2.1 Penyakit Jantung.....	16
2.2.2 Parameter Klinis sebagai Data Prediksi	16

2.2.3	<i>Pembelajaran Mesin (Machine Learning)</i>	17
2.2.4	<i>Model Transformer</i>	17
2.2.5	<i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	18
2.2.6	<i>Optimasi Hyperparameter</i>	19
2.2.7	<i>Evaluasi Kinerja Model</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	OBJEK PENELITIAN	21
3.2	ALUR PENELITIAN	21
3.3	ALAT DAN BAHAN	28
3.3.1	DATA PENELITIAN	28
3.3.2	ALAT DAN INSTRUMEN PENELITIAN	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	HASIL PROCESSING	30
4.1.1	<i>Persiapan Library</i>	30
4.1.2	<i>Memuat Dataset</i>	31
4.1.3	<i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i>	33
4.2	MODELING	38
4.2.1	<i>Model Transformer (Tabular Transformer)</i>	38
4.2.2	<i>Optimasi Hyperparameter dengan PSO</i>	39
4.3	EVALUASI MODEL	41
4.3.1	<i>Hasil Evaluasi Model</i>	41
4.3.2	<i>Confusion Matrix</i>	42
4.3.3	<i>ROC Curve</i>	43
4.3.4	<i>Interpretasi Model dengan SHAP</i>	44
4.4	PERBANDINGAN MODEL	45
4.5	IMPLEMENTASI DAN DEPLOY SISTEM	46
4.5.1	<i>Hasil Integrasi Model ke Sistem</i>	46
4.5.2	<i>Tampilan dan Fungsionalitas Sistem</i>	47
4.5.3	<i>Hasil Pengujian Sistem</i>	48
4.5.4	<i>Analisis Hasil Deploy</i>	48
4.6	PEMBAHASAN	49
BAB V PENUTUP		50
5.1	KESIMPULAN	50
5.2.1	<i>Saran untuk Penelitian Selanjutnya</i>	51
5.2.2	<i>Saran Pengembangan Sistem</i>	51
5.2.3	<i>Batasan Penelitian</i>	52
REFERENSI		53
LAMPIRAN		55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keaslian Penelitian	10
Tabel 3.1. Deskripsi Dataset	28
Tabel 3.2. Alat dan Instrumen Penelitian	29
Tabel 4.1. Dataset	31
Tabel 4.2. Pembagian Data	35
Tabel 4.3. Hasil Optimasi PSO	39
Tabel 4.4. Classification Report	41
Tabel 4.5. Perbandingan Akurasi Model	45



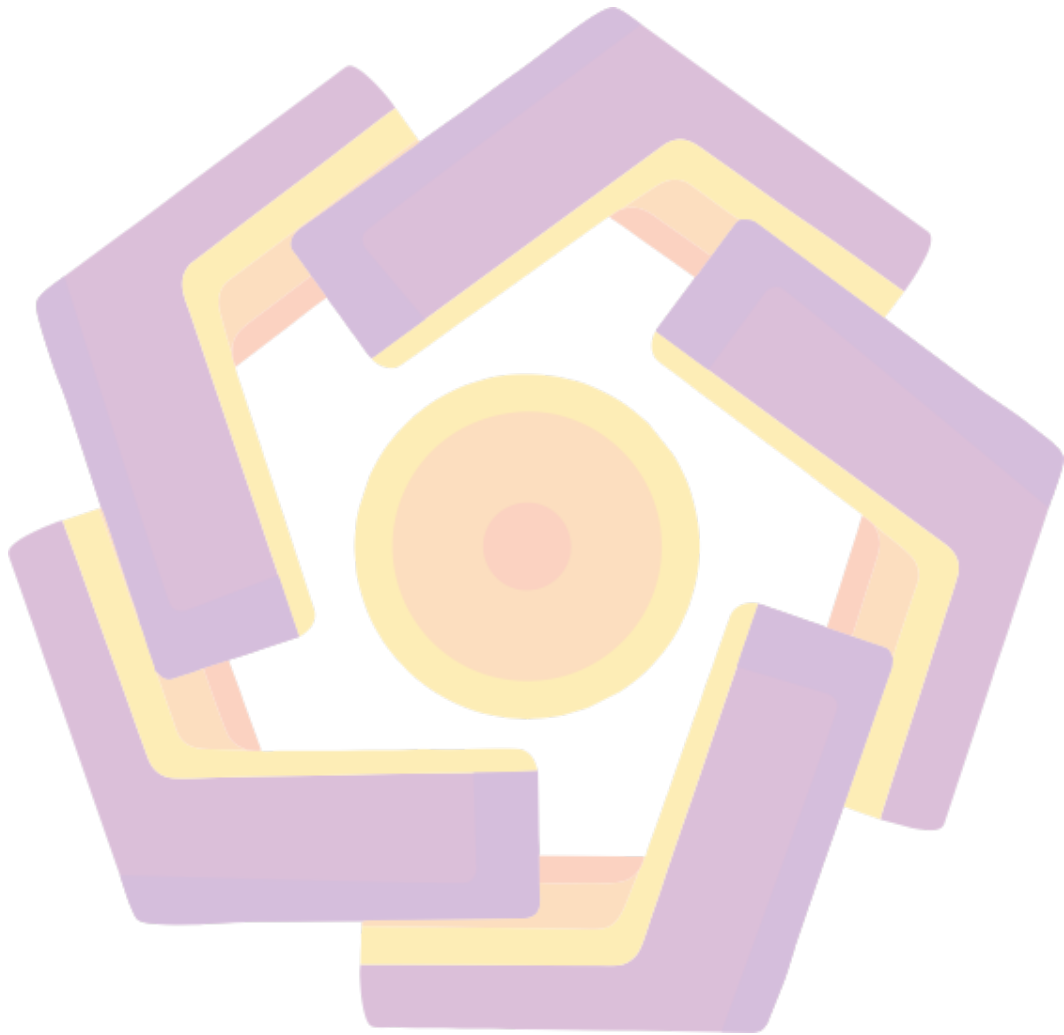
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Alur Penelitian	22
Gambar 4.1. Struktur Data	32
Gambar 4.2. Statistik Deskriptif	32
Gambar 4.3. Missing Value	33
Gambar 4.4. Distribusi Target	37
Gambar 4.5. Heatmap Korelasi	38
Gambar 4.6. Grafik Akurasi Training Vs Testing	40
Gambar 4.7. Confusion Matrix	42
Gambar 4.8. ROC Curve	43
Gambar 4.9. SHAP Summary Plot	44
Gambar 4.10. Halaman Input data Pasien	47
Gambar 4.11. Halaman Hasil Prediksi Beresiko Sakit Jantung	48
Gambar 4.12. Halaman Hasil Prediksi Tidak Beresiko	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program

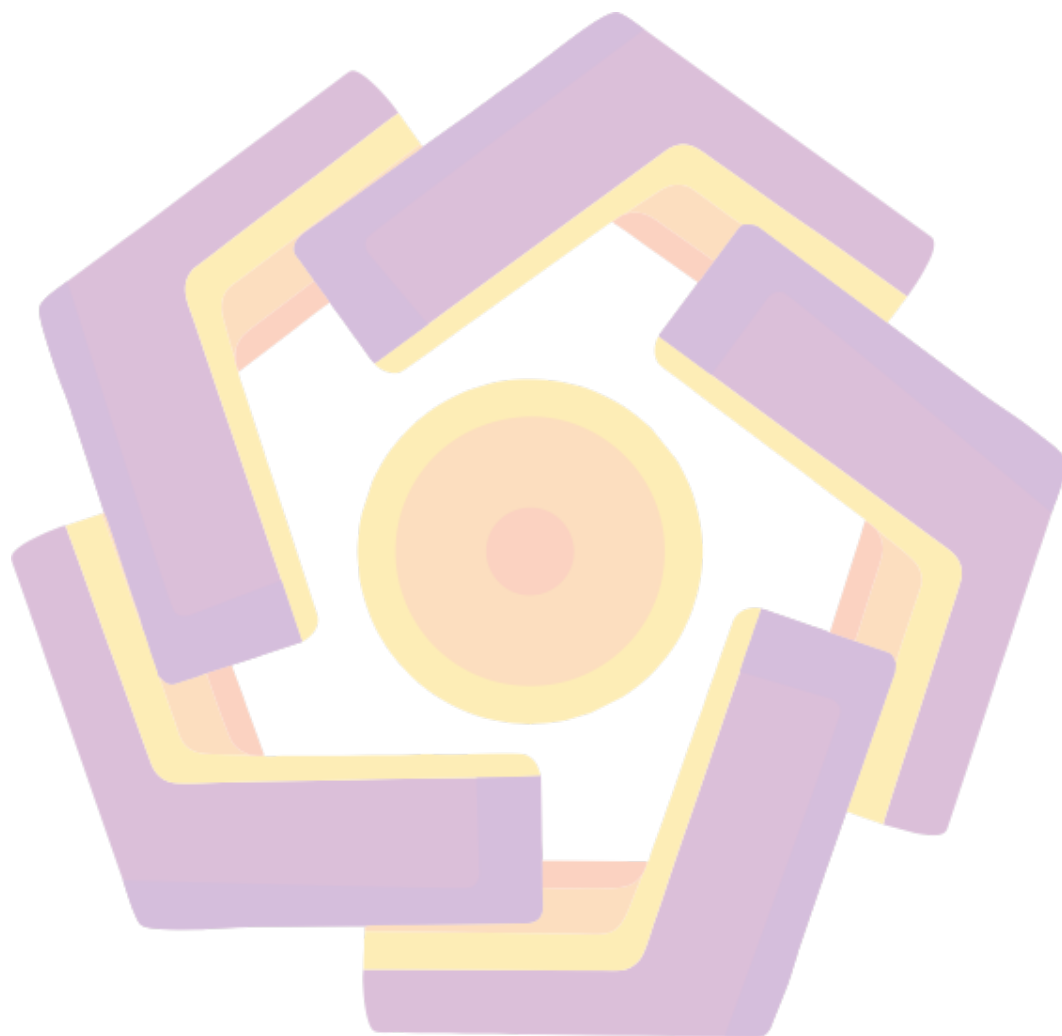
56



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

(Q)	Query matrix pada mekanisme self-attention
(K)	Key matrix pada mekanisme self-attention
(V)	Value matrix pada mekanisme self-attention
(d_k)	Dimensi dari vektor key
($v_i^{(t)}$)	Kecepatan partikel ke-i pada iterasi ke-t
($x_i^{(t)}$)	Posisi partikel ke-i pada iterasi ke-t
(w)	Bobot inersia pada algoritma PSO
(c_1, c_2)	Koefisien pembelajaran (cognitive & social)
(r_1, r_2)	Bilangan acak antara 0 dan 1
($pBest$)	Posisi terbaik individu partikel
($gBest$)	Posisi terbaik global seluruh partikel
(θ)	Parameter atau hyperparameter model
(L)	Fungsi kerugian (loss function)
($f(x; \theta)$)	Fungsi model dengan parameter tertentu
(TP)	True Positive
(TN)	True Negative
(FP)	False Positive
(FN)	False Negative
AI	Artificial Intelligence
ML	Machine Learning
DL	Deep Learning
SVM	Support Vector Machine
PSO	Particle Swarm Optimization
NLP	Natural Language Processing
EKG	Elektrokardiogram
CNN	Convolutional Neural Network
RNN	Recurrent Neural Network
MLP	Multi-Layer Perceptron
AUC	Area Under Curve
ROC	Receiver Operating Characteristic
SHAP	SHapley Additive exPlanations
EDA	Exploratory Data Analysis

CSV	Comma Separated Values
EHR	Electronic Health Record
GA	Genetic Algorithm
SMOTE	Synthetic Minority Over-sampling Technique

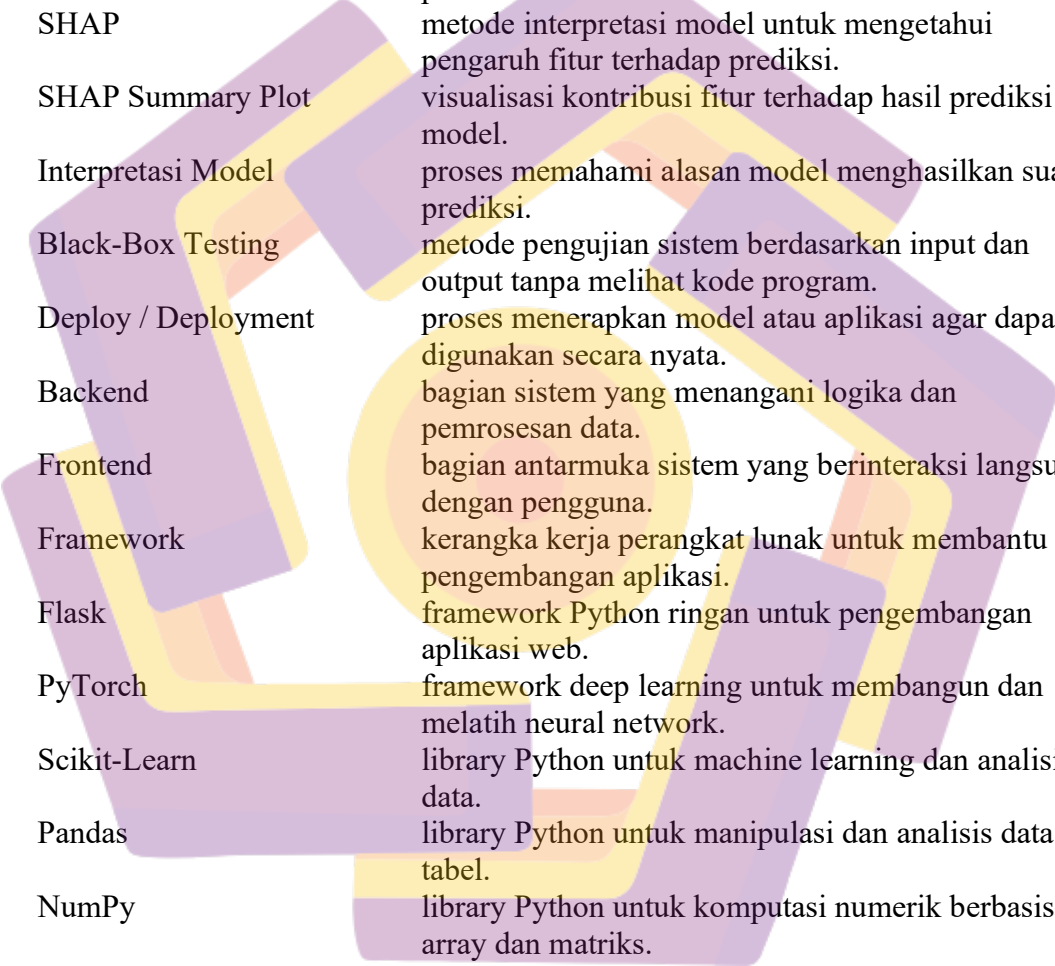


DAFTAR ISTILAH

Vektor	besaran yang memiliki nilai dan arah.
Eigen Value	nilai hasil penyelesaian persamaan karakteristik pada matriks.
Penyakit Jantung	kondisi medis yang berkaitan dengan gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah.
Parameter Klinis	data medis hasil pemeriksaan pasien seperti usia, tekanan darah, dan kolesterol.
Klasifikasi	proses pengelompokan data ke dalam kategori tertentu berdasarkan karakteristiknya.
Machine Learning	metode kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem belajar dari data secara otomatis.
Deep Learning	cabang machine learning berbasis jaringan saraf tiruan berlapis.
Artificial Intelligence	teknologi yang memungkinkan komputer meniru kemampuan berpikir manusia.
Transformer	arsitektur deep learning yang menggunakan mekanisme attention untuk memproses data.
Transformer Encoder	bagian Transformer yang bertugas mempelajari representasi fitur input.
Self-Attention	mekanisme yang menentukan hubungan antar fitur berdasarkan tingkat kepentingannya.
Multi-Head Self-Attention	mekanisme attention yang memproses informasi dari beberapa perhatian secara paralel untuk menangkap hubungan fitur yang lebih kompleks.
Attention Mechanism	mekanisme yang memungkinkan model fokus pada informasi paling relevan dalam data.
Feed-Forward Network	jaringan saraf pada Transformer yang memproses hasil attention melalui beberapa lapisan linear.
Layer Normalization	teknik normalisasi pada layer model untuk menjaga stabilitas pelatihan dan mempercepat konvergensi.
Tabular Data	data yang tersusun dalam bentuk tabel dengan baris dan kolom.
Hyperparameter	parameter model yang ditentukan sebelum proses pelatihan dimulai.
Optimasi Hyperparameter	proses pencarian kombinasi hyperparameter terbaik untuk meningkatkan performa model.
Hyperparameter Tuning	proses penyesuaian hyperparameter agar model menghasilkan performa optimal.
Particle Swarm Optimization	algoritma optimasi berbasis populasi yang meniru perilaku kawanan.
Partikel	unit individu dalam PSO yang merepresentasikan solusi kandidat.

Fitness Function	fungsi untuk mengukur kualitas suatu solusi pada proses optimasi.
Learning Rate	tingkat perubahan bobot model selama proses pelatihan.
Learning Rate Scheduler	metode pengaturan learning rate secara otomatis selama training.
Batch Size	jumlah data yang diproses dalam satu iterasi pelatihan.
Epoch	satu siklus pelatihan model terhadap seluruh data latih.
Preprocessing Data	proses pengolahan awal data sebelum digunakan dalam model.
Label Encoding	metode mengubah data kategorikal menjadi bentuk numerik.
Normalisasi	proses penyetaraan skala data agar memiliki rentang yang seragam.
Feature Engineering	proses membuat atau memodifikasi fitur agar model lebih optimal.
Feature Selection	proses memilih fitur yang paling relevan untuk model.
Representasi Fitur	bentuk numerik fitur yang digunakan sebagai input model machine learning.
Training Data	data yang digunakan untuk melatih model.
Validation Data	data yang digunakan untuk validasi dan optimasi model selama pelatihan.
Testing Data	data yang digunakan untuk evaluasi akhir model.
Validation Set	bagian dataset yang digunakan untuk mengukur performa model selama training.
Testing Set	bagian dataset yang digunakan untuk pengujian model setelah training selesai.
Dataset	kumpulan data yang digunakan dalam penelitian atau pelatihan model.
DataFrame	struktur data berbentuk tabel pada library pandas.
Exploratory Data Analysis	proses analisis awal untuk memahami karakteristik data.
Pairplot	visualisasi hubungan antar variabel dalam bentuk grafik pasangan fitur.
Heatmap	visualisasi data menggunakan warna untuk menunjukkan korelasi atau intensitas nilai.
Countplot	grafik yang menampilkan jumlah data pada setiap kategori.
Stratified Split	metode pembagian data dengan menjaga proporsi kelas tetap seimbang.
Overfitting	kondisi model terlalu menyesuaikan data latih sehingga kurang baik pada data baru.

Underfitting	kondisi model gagal mempelajari pola data dengan baik.
Generalisasi Model	kemampuan model dalam memprediksi data baru yang belum pernah dilihat.
Baseline Model	model awal yang digunakan sebagai pembandingan sebelum optimasi.
Accuracy	tingkat ketepatan prediksi model terhadap keseluruhan data.
Precision	tingkat ketepatan prediksi positif yang dihasilkan model.
Recall	kemampuan model dalam mendeteksi seluruh data positif.
F1-Score	nilai harmonisasi antara precision dan recall.
Confusion Matrix	tabel evaluasi yang menunjukkan hasil prediksi benar dan salah.
ROC Curve	grafik evaluasi model berdasarkan true positive rate dan false positive rate.
Area Under Curve (AUC)	nilai luas area di bawah ROC Curve untuk mengukur performa klasifikasi.
Classification Report	laporan evaluasi model yang berisi accuracy, precision, recall, dan F1-score.
Loss Function	fungsi untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi model.
Gradient Clipping	teknik pembatasan nilai gradien untuk menjaga stabilitas training.
Early Stopping	metode penghentian training saat performa model tidak lagi meningkat.
Label Smoothing	teknik regularisasi untuk mengurangi overconfidence model.
Grid Search	metode pencarian hyperparameter secara menyeluruh berdasarkan kombinasi parameter.
Random Search	metode pencarian hyperparameter secara acak pada ruang parameter tertentu.
Metaheuristic	metode optimasi untuk menemukan solusi terbaik pada permasalahan kompleks.
Konvergensi	kondisi ketika proses optimasi mendekati solusi terbaik.
Deep Neural Network	jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan tersembunyi.
Multi-Layer Perceptron	jenis jaringan saraf tiruan yang terdiri dari beberapa lapisan neuron.
Recurrent Neural Network	jaringan saraf yang dirancang untuk memproses data berurutan.
Ensemble Classifier	metode klasifikasi yang menggabungkan beberapa model untuk meningkatkan akurasi.



Logistic Regression	algoritma machine learning untuk klasifikasi berdasarkan probabilitas.
Decision Tree	metode klasifikasi berbentuk struktur pohon keputusan.
Random Forest	algoritma ensemble yang terdiri dari banyak decision tree.
Support Vector Machine	algoritma klasifikasi yang memisahkan data menggunakan hyperplane terbaik.
Natural Language Processing	cabang kecerdasan buatan yang mempelajari pemrosesan bahasa manusia.
SHAP	metode interpretasi model untuk mengetahui pengaruh fitur terhadap prediksi.
SHAP Summary Plot	visualisasi kontribusi fitur terhadap hasil prediksi model.
Interpretasi Model	proses memahami alasan model menghasilkan suatu prediksi.
Black-Box Testing	metode pengujian sistem berdasarkan input dan output tanpa melihat kode program.
Deploy / Deployment	proses menerapkan model atau aplikasi agar dapat digunakan secara nyata.
Backend	bagian sistem yang menangani logika dan pemrosesan data.
Frontend	bagian antarmuka sistem yang berinteraksi langsung dengan pengguna.
Framework	kerangka kerja perangkat lunak untuk membantu pengembangan aplikasi.
Flask	framework Python ringan untuk pengembangan aplikasi web.
PyTorch	framework deep learning untuk membangun dan melatih neural network.
Scikit-Learn	library Python untuk machine learning dan analisis data.
Pandas	library Python untuk manipulasi dan analisis data tabel.
NumPy	library Python untuk komputasi numerik berbasis array dan matriks.
Matplotlib	library Python untuk visualisasi data berbentuk grafik.
Seaborn	library visualisasi statistik berbasis matplotlib.
Kaggle	platform penyedia dataset dan kompetisi machine learning.
KaggleHub	library untuk mengakses dataset Kaggle melalui Python.
Google Colab	layanan cloud berbasis notebook untuk menjalankan kode Python secara online.

Cloud Computing

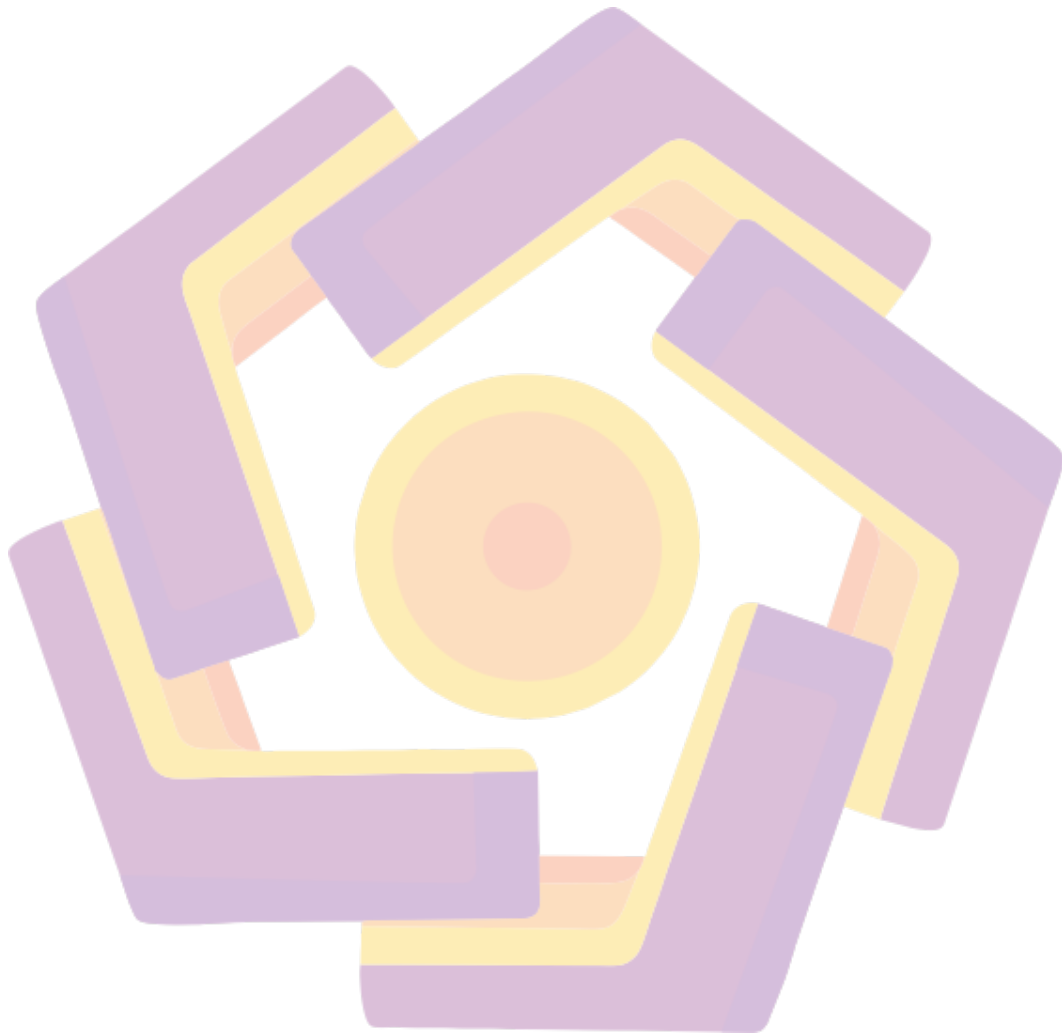
teknologi komputasi berbasis internet untuk penyimpanan dan pemrosesan data.

Multikolinearitas

kondisi ketika beberapa fitur memiliki korelasi sangat tinggi.

Data Klinis Tabular

data medis yang tersusun dalam bentuk tabel dengan fitur klinis pasien.



INTISARI

Penyakit jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia dengan jumlah kasus yang terus meningkat akibat gaya hidup tidak sehat dan keterbatasan dalam proses diagnosis yang masih bergantung pada interpretasi subjektif tenaga medis. Kondisi ini berdampak pada ketidakakuratan diagnosis serta keterlambatan dalam penanganan, sehingga diperlukan sistem pendukung keputusan yang mampu melakukan deteksi dini secara cepat dan akurat berbasis data klinis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model Prediksi penyakit jantung menggunakan arsitektur Transformer yang dioptimasi dengan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). Metode penelitian meliputi tahap pengumpulan dataset dari repositori publik, preprocessing data, pembangunan model Transformer untuk data tabular, serta optimasi hyperparameter menggunakan PSO untuk memperoleh parameter terbaik. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Transformer yang dioptimasi menggunakan PSO mampu menghasilkan performa klasifikasi yang baik dengan akurasi tinggi dan keseimbangan pada metrik evaluasi lainnya. Selain itu, model mampu mengidentifikasi parameter klinis yang berpengaruh terhadap risiko penyakit jantung. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan sistem prediksi berbasis kecerdasan buatan yang dapat dimanfaatkan oleh tenaga medis sebagai alat bantu diagnosis serta oleh masyarakat untuk deteksi dini penyakit jantung. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dengan dataset yang lebih besar dan metode optimasi yang lebih kompleks.

Kata kunci: Penyakit Jantung, Transformer, PSO, Klasifikasi, Deep Learning

ABSTRACT

Heart disease is one of the leading causes of death worldwide, with cases continuing to rise due to unhealthy lifestyles and limitations in the diagnostic process, which still relies on subjective interpretations by medical personnel. This condition results in inaccurate diagnoses and delays in treatment, necessitating a decision support system capable of rapid and accurate early detection based on clinical data. This study aims to develop a heart disease prediction model using the Transformer architecture optimized with the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. The research method includes collecting datasets from public repositories, preprocessing data, building a Transformer model for tabular data, and optimizing hyperparameters using PSO to obtain the best parameters. Model evaluation was performed using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. The results showed that the Transformer model optimized using PSO was able to produce good classification performance with high accuracy and balance in other evaluation metrics. In addition, the model was able to identify clinical parameters that influence the risk of heart disease. This research contributes to the development of an artificial intelligence-based prediction system that can be used by medical personnel as a diagnostic tool and by the public for early detection of heart disease. Further research can develop models with larger datasets and more complex optimization methods.

Keyword: Heart Disease, Transformer, PSO, Classification, Deep Learning