

## Implementasi Machine Learning Untuk Prediksi Penyakit Jantung Menggunakan Algoritma Support Vector Machine

Rahmat Hidayat<sup>1\*</sup>, Yandiko Saputra Sy<sup>2</sup>, Teguh Sujana<sup>3</sup>, Mirdatul Husnah<sup>4</sup>, Haris Tri Saputra<sup>5</sup>,  
Finanta Okmayura<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Informatika, FMIPA, Universitas Riau; rahmat.hidayat@lecturer.unri.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Informatika, FMIPA, Universitas Riau; yandiko.saputra@lecturer.unri.ac.id

<sup>3</sup>Program Studi Sistem Informasi, FMIPA, Universitas Riau; teguh.sujana@lecturer.unri.ac.id

<sup>4</sup>Program Studi Sistem Informasi, FMIPA, Universitas Riau; mirdatulhusnah@lecturer.unri.ac.id

<sup>5</sup>Program Studi Sistem Informasi, FMIPA, Universitas Riau; haristrisaputra@lecturer.unri.ac.id

<sup>6</sup>Program Studi Sistem Informasi, FMIPA, Universitas Riau; finantaokmayura@lecturer.unri.ac.id

### Keywords:

machine learning,  
classification,  
svm,  
heart disease

### ABSTRACT

Heart disease is currently a disease that has taken over many human lives. Data shows that more than 17 million people have died from heart disease. The high number of deaths, therefore, requires special handling to treat and prevent heart disease. In the development of technology, diagnosis of heart disease can be done with the help of information technology, one of which is through machine learning. This study aims to implement machine learning through the SVM algorithm to predict heart disease. The model formed by SVM produces an evaluation value indicated by an accuracy value of 0.85, a precision of 0.93, a recall of 0.76, and an f-1 score of 0.83. This model is used as training data to predict heart disease which is then successfully used to create a system through the Streamlit library which can be easily accessed via the website.

### kata Kunci:

machine learning,  
klasifikasi,  
svm,  
penyakit jantung

### ABSTRAK

Penyakit jantung saat ini menjadi penyakit yang telah banyak merebut nyawa manusia. Data menunjukkan bahwa lebih dari 17 juta jiwa meninggal dikarenakan penyakit jantung. Banyaknya angka kematian tersebut, oleh karena itu dibutuhkan penanganan khusus untuk melakukan penanganan dan pencegahan terhadap penyakit jantung. Seiring dengan perkembangan teknologi, diagnosis pada penyakit jantung dapat dijalankan dengan bantuan teknologi informasi, salah satunya adalah melalui machine learning. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan implementasi machine learning melalui algoritma svm untuk memprediksi penyakit jantung. Model yang terbentuk oleh SVM menghasilkan nilai evaluasi yang ditunjukkan dengan nilai accuracy sebesar 0,85, precision sebesar 0,93, recall sebesar 0,76, dan f-1 score sebesar 0,83. Model ini sebagai data training untuk memprediksi penyakit jantung yang selanjutnya berhasil dilakukan pembuatan sistem melalui library streamlit yang dapat dengan mudah diakses melalui situs web.

### Korespondensi Penulis:

Rahmat Hidayat,  
Universitas Riau,  
Email: [rahmat.hidayat@lecturer.unri.ac.id](mailto:rahmat.hidayat@lecturer.unri.ac.id)

Submitted : 09-08-2024; Accepted : 25-09-2024;  
Published : 30-09-2024

Copyright (c) 2024 The Author (s) This article is distributed  
under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0  
International License (CC BY-SA 4.0)

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit jantung saat ini menjadi salah satu penyakit yang sudah banyak meregang nyawa. Penyakit jantung merupakan jenis penyakit tidak menular yang dapat menyebabkan kematian dengan jumlah yang sangat besar. Jumlah kematian oleh penyakit jantung di seluruh dunia saat ini menurut data World Health Organization (WHO) adalah lebih dari 17 juta jiwa (WHO, 2024). Kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung di Indonesia sendiri menurut data Kementerian Kesehatan pada tahun 2023 sebanyak 651.481 jiwa (Kemenkes, 2023). Penyakit jantung juga menjadi penyakit yang menyebabkan sepertiga dari total kematian di Indonesia (Maharani et al., 2019). Indonesia dengan jumlah penduduk yang besar merupakan negara yang sangat terdampak oleh peningkatan jumlah penduduk yang menua, urbanisasi, dan perubahan gaya hidup dengan penyakit jantung menjadi salah satu yang menjadi penyebab

utama (Muharram et al., 2024). Penyakit jantung menjadi sebuah penyakit yang dapat menyebabkan kematian yang tinggi di Indonesia (Simanjourang et al., 2024). Banyaknya kasus kematian tersebut membuat penyakit jantung menjadi salah satu perhatian Pemerintah Republik Indonesia untuk melakukan penanganan dan pencegahan terhadap penyakit tidak menular tersebut.

Banyak faktor-faktor yang dapat memprediksi seseorang berisiko memiliki penyakit jantung. Hipertensi menjadi faktor yang paling dominan yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit jantung (Rahayu et al., 2021). Pasien dengan riwayat hipertensi memiliki peluang yang sangat tinggi untuk berisiko penyakit jantung. Selain itu, faktor lain yang dapat meningkatkan risiko penyakit jantung adalah pola makan tinggi karbohidrat dan lemak, aktivitas fisik rendah, dan merokok (Hanifah et al., 2021). Pada dasarnya, semua faktor-faktor tersebut dapat dilakukan diagnosa untuk mengetahui seberapa besar peluang atau risiko terhadap penyakit jantung. Secara medis secara langsung terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk melakukan diagnosis penyakit jantung. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi yang ada saat ini diagnosis penyakit jantung dapat dilakukan dengan bantuan teknologi informasi. *Machine learning* dapat menjadi salah satu teknologi yang mampu melakukan prediksi dari diagnosis penyakit jantung.

*Machine learning* merupakan sebuah tools yang dapat mengubah data menjadi sebuah informasi yang bermanfaat melalui pembuatan model dan analisis data (Ureel et al., 2023). Metode dalam *machine learning* dapat diterapkan ke dalam beberapa algoritma seperti Support Vector Machine, Random Forest, deep neural networks, naive bayes, dan lain-lain. Di dalam *Machine learning* terdapat beberapa tipe pembelajaran (learning), beberapa diantaranya adalah supervised learning, unsupervised learning, dan reinforcement learning (Murugan et al., 2023). Supervised learning menggunakan training data berupa input dan output yang dibutuhkan, sementara unsupervised learning berorientasi pada data yakni mengidentifikasi pola dalam data berdasarkan beberapa fitur (Ennaji et al., 2023). Clustering adalah sebuah pendekatan unsupervised learning yang telah diterapkan dan dipelajari secara ekstensif dalam visi komputer (Caron et al., 2018). Classification atau klasifikasi merupakan algoritma supervised learning. Dalam pengukuran fitur statistik dalam klasifikasi menggunakan *machine learning* untuk mempelajari model dengan menggunakan algoritma (Muñoz et al., 2018). Metode klasifikasi dalam *machine learning* yang populer adalah Support Vector Machine (SVM). SVM adalah sebuah model pembelajaran mesin berbasis kernel untuk tugas klasifikasi dan regresi (Cervantes et al., 2020).

Pada *machine learning* dapat mengolah data menjadi sebuah model yang bisa dimanfaatkan ke dalam berbagai hal dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam kesehatan. Dalam dunia medis, peran *machine learning* dapat membantu memberikan prediksi atau keputusan terhadap kondisi dari pasien. *Machine learning* dapat dimanfaatkan pada analisis stadium penyakit hati dengan menggunakan algoritma Random Forest, Decision Tree, Naive Bayes, Logistic Regression, Support Vector Machine, KNN, Gradient Boosting dan Artificial Neural Network (Jimmy et al., 2023). Implementasi *machine learning* juga dapat melakukan prediksi data runtun waktu pada penyakit menular Covid-19 (Wahyuni, 2024). Algoritma *machine learning* juga dapat diimplementasikan ke penyakit gigi. Pada penyakit gigi algoritma *machine learning* membantu dalam menentukan hasil prediksi penyakit gigi tersebut dapat masuk ke dalam kategori atau golongan apa serta solusinya (Ula et al., 2022).

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian untuk prediksi penyakit jantung dengan machine learning. Adapun penulis telah meninjau beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan prediksi penyakit jantung. Pertama, penelitian dilakukan oleh (Sahar, 2020) dengan judul Analisis Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor dan Naive Bayes Classifier pada dataset penyakit jantung. Pada penelitian tersebut, dilakukan komparasi algoritma *machine learning* terhadap dataset penyakit jantung dengan menggunakan K-Nearest Neighbor dan Naive Bayes Classifier. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa skor akurasi terbaik didapatkan oleh algoritma K-Nearest Neighbor sebesar 67%. Kedua, penelitian dilakukan oleh (Annisa, 2019) dengan judul Analisis Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining untuk Prediksi Penderita Penyakit Jantung. Penelitian tersebut menggunakan dataset penyakit jantung dengan melakukan perbandingan terhadap beberapa algoritma yakni Decision Tree, Naive Bayes, k-Nearest Neighbour, Random Forest, dan Decision Stump. Skor akurasi terbesar pada penelitian diatas didapatkan oleh algoritma Random Forest yakni sebesar 80.38%.

Berdasarkan peninjauan penelitian sebelumnya yang diperoleh akurasi tertinggi masih 80,38%, sehingga penulis akan melakukan penelitian dengan menggunakan algoritma SVM untuk prediksi penyakit jantung. Pada algoritma SVM akan menghasilkan sebuah model yang dapat digunakan ke dalam sebuah tampilan di situs web. Model yang digunakan adalah hasil dari penggunaan algoritma SVM. Model yang telah dibentuk disajikan dalam antarmuka pengguna menggunakan Streamlit, sebuah library python yang populer untuk mempresentasikan visual

model operasional machine learning (Aendikov and Azayeva, 2024). Streamlit akan menyajikan input data rekam medis yang akan divalidasi dengan model dalam mempresentasikan hasil prediksi penyakit jantung.

**2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini memiliki empat proses utama yang dilakukan secara berurutan yakni pengumpulan dataset, pembentukan *learning model*, evaluasi model, dan *interface* prediksi. Proses pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, setiap proses memiliki luaran yang sangat penting untuk dijalankan pada tahapan berikutnya. Alur penelitian diawali dengan pengumpulan dataset dan diakhiri pada menampilkan *interface* prediksi. Penjelasan lebih detail terkait masing-masing proses akan dijelaskan pada bab ini.



**Gambar 1.** Alur metode penelitian

**2.1 Pengumpulan dataset**

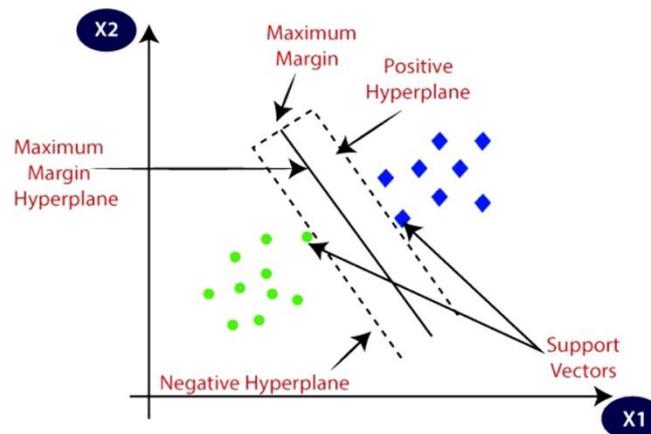
Dataset yang digunakan pada penelitian ini berasal dari situs web kaggle, berisikan data penyakit jantung yang terkumpul dari tahun 1988 dari empat database : Cleveland, Hungary, Switzerland, dan Long Beach V(Kaggle, 2019). Dataset tersebut berisikan 14 kolom atribut data mulai dari usia, jenis kelamin, tekanan darah, hingga atribut yang diprediksi. Penjelasan dari masing-masing atribut dapat dilihat pada Tabel 1. Dataset menggunakan ekstensi CSV yang dapat diolah secara langsung dengan menggunakan algoritma SVM. Keseluruhan data secara detail dapat diakses melalui platform zenodo (Hidayat, 2024).

**Tabel 1.** Atribut Dataset

No	Atribut	Keterangan
1.	age	usia (dalam tahun)
2.	sex	jenis kelamin (1 = laki-laki, 0 = perempuan)
3.	cp (chest pain type)	jenis nyeri dada (4 tipe)
4.	trestbps (resting blood pressure)	tekanan darah saat istirahat (dalam mm Hg saat masuk rumah sakit)
5.	chol (serum cholestoral)	kolesterol serum (mg/dl)
6.	fbs (fasting blood sugar)	gula darah puasa (120 mg/dl)
7.	restecg (resting electrocardiographic results)	hasil elektrokardiografi saat istirahat (nilai 0,1,2)
8.	thalach (maximum heart rate achieved)	denyut jantung maksimum yang dicapai
9.	exang (exercise induced angina)	angina yang diinduksi oleh latihan
10.	oldpeak (ST depression induced by exercise relative to rest)	depresi ST yang diinduksi oleh latihan relatif terhadap istirahat
11.	slope (the slope of the peak exercise ST segment)	kemiringan segmen ST saat latihan puncak
12.	ca (number of major vessels)	jumlah pembuluh darah utama (0-3)
13.	thal	0 = normal; 1 = cacat tetap; 2 = cacat yang dapat dipulihkan
14.	target	0 = tidak penyakit jantung, 1 = penyakit jantung

**2.2. Pembentukan learning model.**

Pembuatan model pembelajaran (*learning model*) pada penelitian ini menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). SVM merupakan algoritma populer yang telah lama digunakan dalam berbagai bidang. Sejak ditemukan pada tahun 1963, algoritma ini telah diadopsi secara luas untuk digunakan dalam hal pemisah seperti klasifikasi gambar, hiperteks, dan teks (Bansal et al., 2022). Cara kerja klasifikasi dari algoritma SVM dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat dua kelas yakni kelas 1 & 2 yang direpresentasikan dalam ruang input 2 Dimensi (*x* dan *y*) yang dipisahkan dengan kernel linear sebagai hiperbidang optimal di antara tiga vektor pendukung (Abdu et al., 2020). Algoritma SVM dapat membentuk model yang secara tepat mengidentifikasi beberapa entitas yang diprosesnya (Bansal et al., 2022). Misalnya seperti mengidentifikasi sebuah gambar hewan yang mirip dengan hewan lainnya, SVM akan bekerja dengan cepat untuk melakukan identifikasi.



Gambar 2. Klasifikasi SVM

**2.3. Evaluasi model**

Evaluasi model pada tahapan ini dilakukan evaluasi terhadap kecepatan, akurasi, precision, dan recall terhadap algoritma yang digunakan. Evaluasi kecepatan pada dimaksudkan untuk mengetahui kecepatan eksekusi yang dibutuhkan masing-masing metode atau algoritma ketika dalam proses menjalankan algoritma. Akurasi merupakan salah satu metrik klasik yang digunakan untuk melakukan evaluasi model dari klasifikasi (Agarwal, 2020, p. 5). Pada evaluasi model menghasilkan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f-1 score* yang dapat menghasilkan nilai untuk evaluasi pada algoritma SVM (Kurilová et al., 2021). Dalam persamaan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f-1 score* dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$precision = \frac{TP}{(TP + FP)}$$

$$recall = \frac{TP}{(TP + FN)}$$

$$f - 1 = \frac{2 \times precision \times recall}{(precision \times recall)}$$

dengan:

- True Positive (TP)
- True Negative (TN)
- False Positive (FP)
- False Negative (FN)

**2.4. Interface prediksi**

Setelah dilakukan pembuatan model, selanjutnya adalah melakukan interface model. Hal ini dilakukan untuk mempermudah melakukan input data kondisi kesehatan yang akan divalidasi. Input tersebut akan menghasilkan

prediksi, baik memiliki penyakit jantung atau tidak memiliki penyakit jantung. Interface prediksi menggunakan library Streamlit. Interface tersebut dibuat dan dapat diakses pada laman internet.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1 Dataset

Dataset penyakit jantung yang disajikan memiliki total 1025 baris, dengan 499 baris merupakan tidak penyakit jantung dan 526 baris penyakit jantung. Atribut-atribut yang ada diantaranya adalah *age*, *sex*, *chest pain type*, *resting blood pressure*, *serum cholestoral*, *fasting blood sugar*, *resting electrocardiographic results*, *maximum heart rate achieved*, *exercise induced angina*, *oldpeak*, *the slope of the peak*, *number of major vessels*, dan *thal*. Tabel 2 merupakan beberapa contoh isi dari dataset.

**Tabel 2.** Sample Dataset

No	age	sex	cp	trestbps	chol	fbs	restecg	thalach	exang	oldpeak	slope	ca	thal	target
1	64	1	0	128	263	0	1	105	1	0.2	1	1	3	1
2	52	1	0	125	212	0	1	168	0	1.0	2	2	3	0
3	58	1	0	114	318	0	2	140	0	4.4	0	3	1	0
4	53	1	0	140	203	1	0	155	1	3.1	0	0	3	0

#### 3.2 Learning dan Evaluasi Model

Pembuatan model menggunakan algoritma SVM dilakukan pada tahapan ini. Dataset yang sudah disiapkan kemudian diproses untuk dibentuk menjadi sebuah model. Algoritma SVM dijalankan dengan menggunakan data train dari kolom 'target' yang ada di Tabel 2. Target dengan nilai 1 berarti pasien terindikasi penyakit jantung, sementara itu untuk nilai 0 tidak terindikasi penyakit jantung. Kode 1 merupakan kode untuk melakukan pembentukan model menggunakan algoritma SVM. Pada kode tersebut melakukan pembuatan model dengan parameter dari SVM yakni kernel=linier, C=0, degree=3, dan gamma=scale.

**Kode 1.** Kode model SVM

```
clf = svm.SVC(kernel='linear')
clf.fit(X_train, y_train)
y_pred = clf.predict(X_test)
```

Setelah melakukan pembentukan model, model akan disimpan dengan ekstensi .pkl menggunakan library pickle. Evaluasi pada model dapat dilakukan setelah melakukan pembentukan model. Pada evaluasi ini melakukan pengukuran terhadap skor *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f-1 score*. Kode untuk melakukan skor pada model dapat dilihat pada Kode 2. Hasil dari masing-masing skor dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa skor pada *precision* adalah 93%, *recall* sebesar 76%, *f1-score* yakni 83%, dan skor *accuracy* sebesar 85%.

**Kode 2.** Kode skor model

```
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Akurasi:", accuracy)
print("\nClassification Report:")
print(classification_report(y_test, y_pred))
```

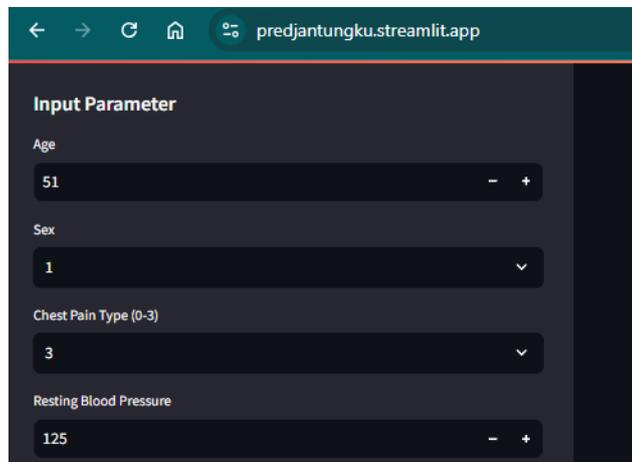
**Tabel 3.** Hasil skor evaluasi

precision	recall	f1-score	accuracy
0.93	0.76	0.83	0.85

#### 3.3 Interface prediksi

Interface dilakukan dengan menggunakan aplikasi pihak ketiga yakni streamlit. Sebelum melakukan penerapan di aplikasi tersebut, model berekstensi .pkl yang sudah tersimpan dilakukan *import* dengan menggunakan library pickle. Data yang sudah tersimpan dalam bentuk pickle diproses dengan menggunakan library streamlit. Setelah library dijalankan akan membentuk file python dengan ekstensi .py yang berisikan aplikasi pendeteksi penyakit jantung. File python tersebut selanjutnya dilakukan proses unggah ke sistem streamlit di <https://streamlit.io/>. Proses

pembuatan sistem prediksi jantung dilakukan pada situs tersebut dengan menghubungkan pada *repository* github. Pada akhirnya, sistem prediksi jantung telah selesai dibangun dan dapat diakses melalui laman <https://predjantungku.streamlit.app/>.



Gambar 3. Sample data input parameter

Beberapa parameter yang menjadi input pada sistem prediksi jantung dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terdapat beberapa parameter yang menjadi contoh dalam melakukan input parameter. Pada parameter age dapat dimasukkan usia dengan usia berupa tahun, sex yang merupakan jenis kelamin dengan 1 merupakan laki-laki sementara 0 adalah perempuan, chest pain type merupakan 4 tipe nyeri dada, dan resting blood pressure berupa tekanan darah. Sementara itu, hasil prediksi penyakit jantung dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil input parameter pada tahapan sebelumnya dapat muncul pada bagian Input Parameter. Sedangkan untuk hasil prediksi berada pada bagian dibawahnya. Berdasarkan input parameter pada gambar tersebut melihatkan hasil prediksi berupa pasien memiliki indikasi penyakit jantung.



Gambar 4. Hasil prediksi

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan machine learning dalam melakukan prediksi penyakit jantung dengan menggunakan data penyakit jantung. Pembuatan model pada sistem tersebut menggunakan algoritma SVM. Model yang telah dibuat menghasilkan nilai evaluasi yang ditunjukkan dengan nilai *accuracy* sebesar 0,85, *precision* sebesar 0,93, *recall* sebesar 0,76, dan *f-1 score* sebesar 0,83. Penelitian ini menggunakan library streamlit untuk membuat sistem yang dapat diakses melalui sebuah situs web. Sistem yang telah berhasil dibuat dapat diakses dengan mudah melalui situs web streamlit. Sistem ini akan memudahkan pengguna untuk melakukan input parameter dan menghasilkan nilai prediksi yang secara langsung dapat dilihat hasilnya, baik memiliki indikasi penyakit jantung maupun tidak terindikasi penyakit jantung.

**REFERENSI**

- Abdu, A.M., Mokji, M.M.M., Sheikh, U.U.U., 2020. Machine learning for plant disease detection: an investigative comparison between support vector machine and deep learning. *IAES Int. J. Artif. Intell. IJ-AI* 9, 670. <https://doi.org/10.11591/ijai.v9.i4.pp670-683>
- Aendikov, N., Azayeva, A., 2024. Integration of GIS and machine learning analytics into Streamlit application. *Procedia Comput. Sci.* 231, 691–696. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.160>
- Agarwal, R., 2020. The 5 Classification Evaluation metrics every Data Scientist must know [WWW Document]. Medium. URL <https://towardsdatascience.com/the-5-classification-evaluation-metrics-you-must-know-aa97784ff226> (accessed 7.14.21).
- Annisa, R., 2019. ANALISIS KOMPARASI ALGORITMA KLASIFIKASI DATA MINING UNTUK PREDIKSI PENDERITA PENYAKIT JANTUNG. *JTIK J. Tek. Inform. Kaputama* 3, 22–28. <https://doi.org/10.59697/jtik.v3i1.650>
- Bansal, M., Goyal, A., Choudhary, A., 2022. A comparative analysis of K-Nearest Neighbor, Genetic, Support Vector Machine, Decision Tree, and Long Short Term Memory algorithms in machine learning. *Decis. Anal. J.* 3, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100071>
- Caron, M., Bojanowski, P., Joulin, A., Douze, M., 2018. Deep Clustering for Unsupervised Learning of Visual Features, in: Ferrari, V., Hebert, M., Sminchisescu, C., Weiss, Y. (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2018*. Springer International Publishing, Cham, pp. 139–156. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01264-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01264-9_9)
- Cervantes, J., Garcia-Lamont, F., Rodríguez-Mazahua, L., Lopez, A., 2020. A comprehensive survey on support vector machine classification: Applications, challenges and trends. *Neurocomputing* 408, 189–215. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.10.118>
- Ennaji, O., Vergütz, L., El Allali, A., 2023. Machine learning in nutrient management: A review. *Artif. Intell. Agric.* 9, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.06.001>
- Hanifah, W., Oktavia, W.S., Nisa, H., 2021. FAKTOR GAYA HIDUP DAN PENYAKIT JANTUNG KORONER: REVIEW SISTEMATIK PADA ORANG DEWASA DI INDONESIA. *Penelit. Gizi Dan Makanan J. Nutr. Food Res.* 44, 45–58. <https://doi.org/10.22435/pgm.v44i1.4187>
- Hidayat, R., 2024. Dataset Heart Disease. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13208473>
- Jimmy, Yulianto, L.D., Hermaliani, E.H., Kurniawati, L., 2023. Penerapan Machine Learning Dalam Analisis Stadium Penyakit Hati Untuk Proses Diagnosis dan Perawatan. *Resolusi Rekayasa Tek. Inform. Dan Inf.* 3, 144–154. <https://doi.org/10.30865/resolusi.v3i4.709>
- Kaggle, 2019. Heart Disease Dataset [WWW Document]. Heart Dis. Dataset. URL <https://www.kaggle.com/datasets/johnsmith88/heart-disease-dataset> (accessed 8.7.24).
- Kemkes, K., 2023. Cegah Penyakit Jantung dengan Menerapkan Perilaku CERDIK dan PATUH. Sehat Negeriku. URL <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20230925/4943963/cegah-penyakit-jantung-dengan-menerapkan-perilaku-cerdik-dan-patuh/> (accessed 8.5.24).
- Kurilová, V., Goga, J., Oravec, M., Pavlovičová, J., Kajan, S., 2021. Support vector machine and deep-learning object detection for localisation of hard exudates. *Sci. Rep.* 11, 16045. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95519-0>
- Maharani, A., Sujarwoto, Praveen, D., Oceandy, D., Tampubolon, G., Patel, A., 2019. Cardiovascular disease risk factor prevalence and estimated 10-year cardiovascular risk scores in Indonesia: The SMARThealth Extend study. *PLOS ONE* 14, e0215219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215219>
- Muharram, F.R., Multazam, C.E.C.Z., Mustofa, A., Socha, W., Andrianto, Martini, S., Aminde, L., Yi-Li, C., 2024. The 30 Years of Shifting in The Indonesian Cardiovascular Burden—Analysis of The Global Burden of Disease Study. *J. Epidemiol. Glob. Health* 14, 193–212. <https://doi.org/10.1007/s44197-024-00187-8>
- Muñoz, M.A., Villanova, L., Baatar, D., Smith-Miles, K., 2018. Instance spaces for machine learning classification. *Mach. Learn.* 107, 109–147. <https://doi.org/10.1007/s10994-017-5629-5>
- Murugan, D.K., Said, Z., Panchal, H., Gupta, N.K., Subramani, S., Kumar, A., Sadasivuni, K.K., 2023. Machine learning approaches for real-time forecasting of solar still distillate output. *Environ. Chall.* 13, 100779. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100779>
- Rahayu, D.C., Hakim, L., Harefa, K., 2021. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEJADIAN PENYAKIT JANTUNG KORONER DI RSUD RANTAU PRAPAT TAHUN 2020. *PREPOTIF J. Kesehat. Masy.* 5, 1055–1057. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i2.2379>

- Sahar, S., 2020. Analisis Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor dan Naïve Bayes Clasiffier Pada Dataset Penderita Penyakit Jantung. *Indones. J. Data Sci.* 1, 79–86. <https://doi.org/10.33096/ijodas.v1i3.20>
- Simanjanjor, R.M., Simangunsong, A., Arifin, M., Yamin, M., 2024. Penerapan Sistem Pakar Dalam Diagnosis Dini Penyakit Jantung Dengan Metode Sistem Inferensi Fuzzy. *J. Ilmu Komput. Dan Sist. Inf. JIKOMSI* 7, 131–142.
- Ula, M., Anjani, F.T.T., Ulva, A.F., Sahputra, I., Pratama, A., 2022. APPLICATION OF MACHINE LEARNING WITH THE BINARY DECISION TREE MODEL IN DETERMINING THE CLASSIFICATION OF DENTAL DISEASE. *J. Inform. Telecommun. Eng.* 6, 170–179. <https://doi.org/10.31289/jite.v6i1.7341>
- Ureel, Y., Dobbelaere, M.R., Ouyang, Y., De Ras, K., Sabbe, M.K., Marin, G.B., Van Geem, K.M., 2023. Active Machine Learning for Chemical Engineers: A Bright Future Lies Ahead! *Engineering* 27, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.02.019>
- Wahyuni, S.N., 2024. Implementation of Multiple Linear Regression for Predicting Time Series Data in Infectious Diseases Using a Machine Learning Approach. *JATISI J. Tek. Inform. Dan Sist. Inf.* 11. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v11i2.7878>
- WHO, W., 2024. Cardiovascular diseases [WWW Document]. *Cardiovasc. Dis.* URL <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases> (accessed 8.5.24).