

**PENERAPAN KLASIFIKASI XGBOOST PADA PENYAKIT
JANTUNG DENGAN OPTIMASI *HYPERPARAMETER*
MENGUNAKAN *RANDOM SEARCH***

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
NURUL ISTIQOMAH
09040222063

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nurul Istiqomah
NIM : 09040222063
Program Studi : Matematika
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "Penerapan Klasifikasi XGBoost pada Penyakit Jantung dengan Optimasi *Hyperparameter* menggunakan *Random search*". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 01 April 2026

Yang menyatakan,



Nurul Istiqomah
NIM. 09040222063

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : Nurul Istiqomah
NIM : 09040222063
Judul proposal skripsi : Penerapan Klasifikasi XGBoost pada Penyakit Jantung dengan Optimasi *Hyperparameter* menggunakan *Random search*

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198805282018012001

Pembimbing II



Nurissaidah Ulinnuha, M.Kom.
NIP. 199011022014032004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : Nurul Istiqomah
NIM : 09040222063
Judul skripsi : Penerapan Klasifikasi XGBoost pada Penyakit Jantung dengan Optimasi *Hyperparameter* menggunakan *Random search*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal Rabu, 01 April 2026.

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

Dr. Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom.
NIP. 198511242014032001

Penguji II

Dr. Lutfi Nakim, M.Ag.
NIP. 197312252006041001

Penguji III

Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198805282018012001

Penguji IV

Nurissalrah Ulinnuha, M.Kom.
NIP. 199011022014032004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Agus Supri Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpustakaan@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nurul Istiqomah
NIM : 09040222063
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
E-mail address : nurulistiqomah2194@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Penerapan Klasifikasi eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)
pada Penyakit Jantung dengan Optimasi Hyperparameter
menggunakan Random Search

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 07 April 2026

Penulis

(Nurul Istiqomah)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRACT

Applying XGBoost Classification for Heart Disease with Hyperparameter Optimization Using Random Search

Heart disease is one of the major categories of cardiovascular diseases caused by abnormalities in the function and structure of the heart. The global prevalence reached 254.3 million cases in 2021 and is projected to continue increasing, potentially reaching 20 million deaths by 2050. Therefore, early diagnosis is essential to prevent further complications. This study aims to classify heart disease using the *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) algorithm with *hyperparameter* optimization using the *Random Search* method. The dataset was obtained from Kaggle and includes clinical and demographic features of patients. Model evaluation was conducted using *K-Fold Cross Validation* with $k = 10$ to obtain a more stable performance estimate and to reduce bias caused by data partitioning. XGBoost was selected due to its capability to handle complex data and its effectiveness in reducing the risk of *overfitting*. The results show that *hyperparameter* optimization using the *Random Search* method improves the model performance, with the best parameters being $n_estimators = 100$, $max_depth = 4$, $learning_rate = 0.063$, $\gamma = 1$, $subsample = 0.808$, and $colsample_bytree = 0.752$. The resulting model achieved an average accuracy of 98%, sensitivity of 98.79%, and specificity of 96.83%. These results indicate that *hyperparameter* optimization can effectively improve the performance of heart disease classification models.

Keywords: Classification, Cross Validation, Heart, Hyperparameter Tuning, XGBoost

ABSTRAK

Penerapan Klasifikasi XGBoost pada Penyakit Jantung dengan Optimasi *Hyperparameter* menggunakan *Random search*

Penyakit Jantung merupakan salah satu bagian dari kelompok penyakit kardiovaskular yang disebabkan oleh gangguan pada fungsi dan struktur jantung. Prevalensi kasus mencapai 254,3 juta jiwa pada tahun 2021 dan diperkirakan terus meningkat hingga mencapai 20 juta jiwa pada tahun 2050. Oleh karena itu, diagnosis dini menjadi penting untuk mencegah komplikasi lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan penyakit jantung menggunakan algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dengan optimasi *hyperparameter* menggunakan metode *Random Search*. Data penelitian diambil dari Kaggle, mencakup fitur klinis dan demografis pasien. Evaluasi model dilakukan menggunakan metode *K-Fold Cross Validation* dengan $k = 10$ untuk memperoleh estimasi performa yang lebih stabil dan mengurangi bias akibat pembagian data. XGBoost dipilih karena kemampuannya yang baik dalam menangani data yang kompleks serta mengurangi risiko *overfitting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi *hyperparameter* menggunakan metode *Random Search* mampu meningkatkan performa model dengan parameter terbaik yaitu $n_estimators$ sebesar 100, max_depth sebesar 4, $learning_rate$ sebesar 0.063, γ sebesar 1, $subsample$ sebesar 0.808, dan $colsample_bytree$ sebesar 0.752. Model yang dihasilkan memperoleh nilai rata-rata akurasi sebesar 98%, sensitivitas sebesar 98.79%, dan spesifisitas sebesar 96.83%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi *hyperparameter* mampu meningkatkan performa model klasifikasi penyakit jantung.

Kata kunci: *Cross Validation*, Klasifikasi, Jantung, Optimasi *Hyperparameter*, XGBoost

DAFTAR ISI

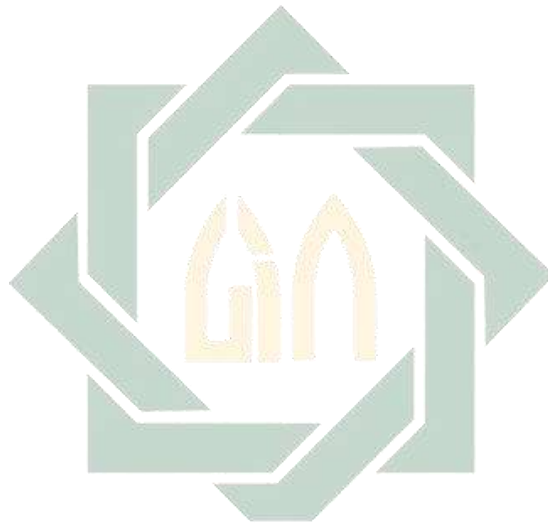
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Manfaat Penelitian	9
1.5. Batasan Masalah	9
II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Penyakit Jantung	10
2.1.1. Faktor Risiko Penyakit Jantung	11
2.1.2. Diagnosa Penyakit Jantung	13
2.2. Klasifikasi	14
2.3. <i>K-fold Cross Validation</i>	15
2.4. <i>Hyperparameter Tuning</i>	16
2.4.1. <i>Random search</i>	17
2.5. <i>Extreme Gradient Boosting (XGBoost)</i>	26

2.6. Evaluasi	33
2.7. Intergrasi Keislaman	34
III METODE PENELITIAN	38
3.1. Jenis Penelitian	38
3.2. Sumber Data	38
3.3. Variabel Penelitian	38
3.4. Tahapan Penelitian	39
3.4.1. Tahapan Klasifikasi XGBoost	41
3.4.2. Skema Uji Coba	43
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. <i>Pre-Processing Data</i>	45
4.2. Analisis Deskriptif Data	45
4.3. Klasifikasi	48
4.3.1. Proses <i>Training</i>	49
4.3.2. Proses <i>Testing</i>	68
4.3.3. Pengujian Model dan Evaluasi Hasil	70
4.3.4. Integrasi Keislaman	83
V PENUTUP	87
5.1. Kesimpulan	87
5.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	88
Lampiran A	99
Lampiran B	100
Lampiran C	101
Lampiran D	102
Lampiran E	103
Lampiran F	104
Lampiran G	105

DAFTAR TABEL

2.1	Pembangkitan Bilangan Acak dengan Metode LCG	22
2.2	Hasil Normalisasi Bilangan Acak pada Interval (0,1)	22
2.3	Hasil Pembangkitan <i>Max Depth</i> Menggunakan Transformasi <i>Uniform Diskrit</i>	24
2.4	Hasil Pembangkitan <i>Learning Rate</i> Menggunakan Transformasi <i>Log-Uniform</i>	25
2.5	Kombinasi Hasil <i>Sampling Hyperparameter</i>	25
2.6	<i>Confusion Matrix</i>	33
3.1	Deskripsi Variabel Dataset Penyakit Jantung	39
3.2	Parameter dan Nilai <i>Hyperparameter Tuning XGBoost</i>	43
4.1	Statistik Deskriptif Variabel Numerik	45
4.2	Statistik Deskriptif Variabel Kategorik	47
4.3	Distribusi Data pada Setiap Fold	49
4.4	Data Pelatihan	50
4.5	Perhitungan Residual pada Pohon Pertama	51
4.6	Nilai <i>Similarity Score</i> dan <i>Gain</i> pada Node Ke-1	56
4.7	Nilai <i>Similarity Score</i> dan <i>Gain</i> pada Node Ke-2	58
4.8	Nilai <i>Similarity Score</i> dan <i>Gain</i> pada Node Ke-3	59
4.9	Nilai <i>Similarity Score</i> dan <i>Gain</i> pada Node Ke-4	61
4.10	Hasil Perhitungan <i>Output Value</i>	63
4.11	Hasil Prediksi Baru pada Pohon Pertama	64
4.12	Hasil Probabilitas pada Pohon Kedua	65
4.13	Hasil Prediksi Data Uji pada Fold 2	68
4.14	Hasil Pembangkitan Kandidat <i>Hyperparameter Random Search</i>	71

4.15 Hasil Pembangkitan Kandidat <i>Hyperparameter Random Search</i>	72
4.16 Hasil Evaluasi Model pada Setiap Fold	74
4.17 Hasil Klasifikasi XGBoost tanpa Optimasi <i>Hyperparameter</i>	79
4.18 Perbandingan Hasil Evaluasi Klasifikasi Penyakit Jantung dari Beberapa Penelitian	82



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

2.1	Ilustrasi <i>K-fold Cross Validation</i>	16
2.2	Ilustrasi <i>Random search</i>	26
2.3	Ilustrasi Struktur Pohon XGBoost	28
2.4	Pohon Keputusan XGBoost	29
3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian	40
3.2	Tahapan Klasifikasi XGBoost	41
4.1	Pohon pada Node ke-1 dengan Split Age < 26	52
4.2	Pohon pada Node ke-1 dengan Split Gender < 0.5	53
4.3	Pohon pada Node ke-1 dengan Split Chest Pain Type < 1	54
4.4	Pohon pada Node ke-1 dengan <i>Slope of the Peak Exercise</i> <i>ST Segment < 2</i>	55
4.5	Pohon Keputusan pada Node ke-2 dengan <i>Resting Blood</i> <i>Pressure < 157</i>	58
4.6	Pohon Keputusan pada Node ke-3 dengan Split <i>Chest Pain</i> <i>Type < 2</i>	60
4.7	Pohon Keputusan pada Node ke-4 dengan Split <i>Serum</i> <i>Cholesterol < 133</i>	61
4.8	Pohon Keputusan Ke-1 pada Fold ke-2	66
4.9	Pohon Keputusan Ke-2 pada Fold ke-2	66
4.10	Pohon Keputusan Ke-103 pada Fold ke-2	66
4.11	Confusion Matrix pada Setiap Fold	76
4.12	Visualisasi Perbandingan uji Coba Terbaik dengan dan tanpa Optimasi <i>Hyperparameter</i>	80

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M., Sarira, B. T., Hidayat, A. N., Nur, A., Nurhidayat, R., Septiarini, A., Puspitasari, N., Mulawarman, U., Samarinda, K., Informatika, J., Teknik, F., and Mulawarman, U. (2025). Implementasi XGBoost dalam Klasifikasi Gagal Ginjal Kronis Menggunakan Dataset Chronic Kidney Disease. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 12(3).
- Alnuaimi, A. F. and Albaldawi, T. H. (2024). An Overview of Machine Learning Classification Techniques. *BIO Web of Conferences*, 97:1–24.
- Amelia, Y. (2023). Perbandingan Metode Machine Learning Untuk Mendeteksi Penyakit Jantung. *IDEALIS : Indonesia Journal Information System*, 6(2):220–225.
- Amriani, A., Puspa Novita, R., Ahmadi, A., and Andriani, D. S. (2023). Konseling dan Edukasi Penyakit Kardiovaskular untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat Desa Tanjung Pering Indralaya Utara. *Journal of Health Studies*, 1(2):81–88.
- Bergamasco, A., Luyet-Déruaz, A., Gollop, N. D., Moride, Y., and Qiao, Q. (2022). Epidemiology of Asymptomatic Pre-heart Failure: a Systematic Review. *Current Heart Failure Reports*, 19(3):146–156.
- Bergstra, J. and Bengio, Y. (2012). Random Search for Hyper-parameter Optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13:281–305.
- Bouillaguet, C., Martinez, F., and Sauvage, J. (2020). Practical Seed-Recovery for the PCG Pseudo-Random Number Generator. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2020(3):175–196.
- Bukowski, M., Kurek, J., Świdorski, B., and Jegorowa, A. (2024). Custom Loss Functions in XGBoost Algorithm for Enhanced Critical Error Mitigation in Drill-Wear Analysis of Melamine-Faced Chipboard. *Sensors*, 24(1092):1–29.

- Cesare, M. D., Bixby, H., Gaziano, T., Hadeed, L., Kabudula, C., McGhie, D. V., Mwangi, J., Pervan, B., Perel, P., Piñeiro, D., Taylor, S., and Pinto, F. (2023). *World Heart Report 2023: Confronting the World's Number One Killer*. The Novartis Foundation.
- Chen, T. and Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 785–794.
- Chen, X., Zhong, F., and Li, J. (2025). The Burden of Cardiovascular Disease Attributable to Dietary Risk Factors in China, 1990–2021. *Scientific Reports*.
- Chevalley, T., Dübi, M., Fumeaux, L., Merli, M. S., Sarre, A., Schaer, N., Simeoni, U., and Zyzdorczyk, C. (2025). Sexual Dimorphism in Cardiometabolic Diseases: From Development to Senescence and Therapeutic Approaches. *Cells*, 14(6).
- Chong, B., Jayabaskaran, J., Jauhari, S. M., Chan, S. P., Goh, R., Kueh, M. T. W., Li, H., Chin, Y. H., Kong, G., Anand, V. V., Wang, J.-W., Muthiah, M., Jain, V., Mehta, A., Lim, S. L., Foo, R., Figtree, G. A., Nicholls, S. J., Mamas, M. A., Januzzi, J. L., Chew, N. W. S., Richards, A. M., and Chan, M. Y. (2024). Global Burden of Cardiovascular Diseases: projections from 2025 to 2050. *European Journal of Preventive Cardiology*, 32(11):1001–1015.
- Chung, C. C., Su, E. C. Y., Chen, J. H., Chen, Y. T., and Kuo, C. Y. (2023). XGBoost-Based Simple Three-Item Model Accurately Predicts Outcomes of Acute Ischemic Stroke. *Diagnostics*, 13(842):1–13.
- De Morales, Y. A. and Abramson, B. L. (2024). Cardiovascular and Physiological Risk Factors in Women at Mid-life and Beyond. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 102(8):442–451.
- Dumlao, J. (2023). Cardiovascular Disease Dataset. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/jocelyndumlao/cardiovascular-disease-dataset/data>. Accessed: 2025-09-09.

- Dwinanda, M. W., Satyahadewi, N., and Andani, W. (2023). Classification of Student Graduation Status Using XGBoost Algorithm. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 17(3):1785–1794.
- Fang, T. and Deng, J. (2023). An Interpretable Prediction Model for Acute Kidney Injury Based on XGBoost and SHAP. *Journal of Clinical and Nursing Research*, 7(3):96–106.
- Firdaus, E. A., Manurung, J., Saragih, H., and Azhar, M. (2025). Optimization of XGBoost Hyperparameters Using Grid Search and Random Search for Credit Card Default Prediction. *Jurnal Mandiri IT*, 14(2):269–280.
- Ford, T. J. and Berry, C. (2020). Angina: contemporary diagnosis and management. *Heart*, 106(5):387–398.
- Frań, W., Wojtasińska, A., Lisińska, W., Młynarska, E., Franczyk, B., and Rysz, J. (2022). Pathophysiology of Cardiovascular Diseases: New Insights into Molecular Mechanisms of Atherosclerosis, Arterial Hypertension, and Coronary Artery Disease. *Biomedicines*, 10(8).
- Gaol, L. L., Santri, Y. V., Mailisna, Laska, Y., Tampake, R., Paseno, M. M., Linggi, E. B., Solon, M., Sa'pang, F. A. E. R., Satti, Y. C., Sandi, S., Rosdewi, Siagian, H. J., and Alifariki, L. O. (2024). *Pemeriksaan Fisik Kesehatan*. Media Pustaka Indo.
- Gigaramadan, S. and Graharti, R. (2025). Penatalaksanaan Holistik pada Laki-laki 74 Tahun dengan Penyakit Jantung Koroner dan Hipertensi melalui Pendekatan Kedokteran Keluarga. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*, 12(1):432–443.
- Givari, M. R., Sulaeman, M. R., and Umidah, Y. (2022). Perbandingan Algoritma SVM, Random Forest Dan XGBoost Untuk Penentuan Persetujuan Pengajuan Kredit. *Nuansa Informatika*, 16(1):141–149.
- Hafid, H. (2023). Penerapan K-Fold Cross Validation untuk Menganalisis Kinerja Algoritma K-Nearest Neighbor pada Data Kasus Covid-19 di Indonesia. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 6(2):161–168.

- Hakkal, S. and Lahcen, A. A. (2024). XGBoost To Enhance Learner Performance Prediction. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7(January):100254.
- Hartanto, B., Yudanto, B. W., and Nugroho, D. (2024). Optimasi Deteksi Tepi Pada Citra Digital Melalui Tuning Hyperparameter Clahe Dan Filter Bilateral: Studi Kasus Pada Gambar Kendaraan. *Biner : Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, 3(2):134–141.
- Junus, C. Z. V., Tarno, T., and Kartikasari, P. (2023). Klasifikasi Menggunakan Metode Support Vector Machine Dan Random Forest Untuk Deteksi Awal Risiko Diabetes Melitus. *Jurnal Gaussian*, 11(3):386–396.
- Jurko, T., Mestanik, M., Jurkova, E., Zelenak, K., Klaskova, E., and Jurko, A. (2024). The Effect of Age, Hypertension, and Overweight on Arterial Stiffness Assessed Using Carotid Wall Echo-Tracking in Childhood and Adolescence. *Life*, 14(3):2–13.
- Kastella, F., Sasmito, P., Suryanto, Y., Fatarona, A., Rahmawati, E. Q., Ifada, N. E., and Nurjanah, U. (2023). *Buku Ajar Keperawatan Kardiovaskuler (Teori Komprehensif dan Praktik)*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Khan, M. R., Haider, Z. M., Hussain, J., Malik, F. H., Talib, I., and Abdullah, S. (2024). Comprehensive Analysis of Cardiovascular Diseases : Symptoms , Diagnosis , and AI Innovations. *Bioengineering*, 11:1–26.
- Khansa, S. F. A., Ulinnuha, N., and Utami, W. D. (2025). Grid Search and Random Search Hyperparameter Tuning Optimization in Xgboost Algorithm for Parkinson’S Disease Classification. *Barekeng*, 19(3):1609–1624.
- Kwok, C. S., Burke, H., McDermott, S., Welsh, V., Barker, D., Patwala, A., Duckett, S., Satchithananda, D., and Mallen, C. D. (2022). Missed Opportunities in the Diagnosis of Heart Failure: Evaluation of Pathways to Determine Sources of Delay to Specialist Evaluation. *Current Heart Failure Reports*, 19(4):247–253.

- Laksono, S., Putra, R. P., and Roza, I. (2021). Evaluasi Nyeri Dada Bagi Dokter Umum : Suatu Tinjauan Sistematis. *Jurnal Kedokteran Unram*, 11(3):1055–1060.
- Lim, Y. C., Teo, S.-G., and Poh, K.-K. (2016). ST-segment Changes with Exercise Stress. *Electrocardiography series*, 57(7):347–352.
- Martin, A., Santoso, A. H., Destra, E., Satyo, Y. T., and Mashadi, F. J. (2025). Pencegahan Diabetes Mellitus dengan Pemeriksaan Dini Kadar Gula Darah Puasa pada Kelompok Usia Dewasa. *Jurnal Pengabdian Sosial*, 2(9):4267–4273.
- Maulani, G., Hasan, F. N., Setiawan, D., tri Bowo, I., Ardhana, V. Y. P., Ramdhani, Y., Inayah, I., Ardiantoro, L., Sugianto, C. A., Chandra, R., Afandi, I. R., Septyandy, M. R., and Safitri, R. (2025). *Machine Learning*. CV. Mega Press Nusantara.
- Mezhal, F., Ahmad, A., Abdulle, A., Leinberger-Jabari, A., Aljunaibi, A., Alnaeemi, A., Al Dhaheri, A. S., Alzaabi, E., Al-Maskari, F., Alanouti, F., Alkaabi, J., Kazim, M., Al-Houqani, M., Ali, M. H., Oumeziane, N., El-Shahawy, O., Sherman, S., Shah, S. M., Loney, T., Almahmeed, W., Idaghdour, Y., Ahmed, L. A., and Ali, R. (2025). Association of Family History of Cardiovascular Disease with the Prevalence of Cardiometabolic Risk Factors in Young Adults in the United Arab Emirates: The UAE Healthy Future Study. *PLoS ONE*, 20(3 March):1–12.
- Muhamad Malik Matin, I. (2023). Hyperparameter Tuning Menggunakan GridsearchCV pada Random Forest untuk Deteksi Malware. *Multinetics*, 9(1):43–50.
- Muharram, F. R., Multazam, C. E. C. Z., Mustofa, A., Socha, W., Andrianto, Martini, S., Aminde, L., and Yi-Li, C. (2024). The 30 Years of Shifting in The Indonesian Cardiovascular Burden—Analysis of The Global Burden of Disease Study. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 14(1):193–212.
- Mulyani, S. and Arifin, T. (2024). Prediksi Kelangsungan Hidup Pasien Gagal Jantung Menggunakan Pendekatan Machine Learning dengan

- Optimasi Grid Search CV. *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*, pages 577–586.
- Nafisah, S., Novianti Nuril Inayah, and Baharuddin Yusuf (2024). Literatur Review: Penyebab Dan Perkembangan Penyakit Jantung Koroner. *Jurnal Forum Kesehatan : Media Publikasi Kesehatan Ilmiah*, 14(1):27–36.
- Netala, V. R., Teertam, S. K., Li, H., and Zhang, Z. (2024). A Comprehensive Review of Cardiovascular Disease Management: Cardiac Biomarkers, Imaging Modalities, Pharmacotherapy, Surgical Interventions, and Herbal Remedies. *Cells*, 13(17).
- Nugraha, R. H., Purwitasari, D., and Raharjo, A. B. (2022). K-Means Dan Xgboost Untuk Analisis Perilaku Pembayaran Rekening Listrik Pelanggan (Studi Kasus : PLN ULP Panakkukang). *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 20(2):84–98.
- Nuraeni, N. (2024). Klasifikasi Data Mining Untuk Prediksi Penyakit Kardiovaskular. *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, 7(1):161.
- Nurhikmawati, Afifah, I., Syahrudin, F. I., Aspar, A., and Lestari, I. (2024). Karakteristik Pasien Hipertensi dengan Gangguan Kardiovaskular. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 4(7):513–520.
- Nursyahfitri, R., Maharadja, A. N., Farissa, R. A., and Umaidah, Y. (2021). Klasifikasi Penentuan Jenis Obat Menggunakan Algoritma Decision Tree. *Jurnal Informatika Polinema*, 7(3):53–60.
- Optarina, Y., Suarna, N., Bahtiar, A., Rahaningsih, N., Prihartono, W., Informatika, T., Informasi, S., and Akuntansi, K. (2026). Optimasi Model XGBoost untuk Penyakit Jantung menggunakan Optuna. *Jurnal Software Engineering and Information System (SEIS)*, 6(1):50–55.
- Pane, J. P., Simorangkir, L., and Saragih, P. I. S. B. (2022). Faktor-Faktor Risiko Penyakit Kardivaskular Berbasis Masyarakat. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 4(4):1183–1192.

- PERKI (2022). *Panduan Pencegahan Penyakit Kardiovaskular Arteriosklerosis*. PERKI.
- Pradana, G. D. and Qomariasih, N. (2021). Desain PRNG Berbasis Fungsi Hash Menggunakan GIMLI. *Jurnal Info Kripto*, 15(1):36–43.
- Pramudhyta, N. A. and Rohman, M. S. (2024). Perbandingan Optimasi Metode Grid Search dan Random Search dalam Algoritma XGBoost untuk Klasifikasi Stunting. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 8(1):19.
- Putri, L. G. A., Wicaksono, S. A., and Rahayudi, B. (2025a). Analisis Klasifikasi Spam Email Menggunakan Metode Extreme Gradient Boosting (XGBoost). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(2):1–8.
- Putri, S. K. N. A., Jumiatin, I., Sulistia, I., Saputra, N. A. B., and Wiranda, N. (2025b). Implementation of Hyperparameter Tuning for Classification Models in Heart Disease Risk Prediction. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(4):1181–1189.
- Qafoud, F., Kunji, K., Elsharif, M., Althani, A., Salam, A., Suwaidi, J. A., Darbar, D., Asaad, N., and Saad, M. (2024). Correlations between Resting Electrocardiogram Findings and Disease Profiles : Insights from the Qatar Biobank Cohort. *Journal of Clinical Medicine*, 13(276):1–13.
- Ramadanti, E., Aprilya Dinathi, D., Christianskaditya, C., and Chandranegara, D. R. (2024). Diabetes Disease Detection Classification Using Light Gradient Boosting (LightGBM) With Hyperparameter Tuning. *Sinkron*, 8(2):956–963.
- Rosidawati, I. and Aryani, H. (2022). Gambaran Tingkat Risiko Penyakit Kardiovaskular Berdasarkan Skor Kardiovaskular Jakarta. *Healthcare Nursing Journal*, 4(1):252–259.
- Russo, M., Gurgoglione, F. L., Russo, A., Rinaldi, R., Torlai Triglia, L., Foschi, M., Vigna, C., Vergallo, R., Montone, R. A., Benedetto, U., Niccoli, G., and Zimarino, M. (2025). Coronary Artery Disease and

Atherosclerosis in Other Vascular Districts: Epidemiology, Risk Factors and Atherosclerotic Plaque Features. *Life*, 15(8):1–26.

Ryfai, D. A., Hidayat, N., and Santoso, E. (2022). Klasifikasi Tingkat Resiko Serangan Penyakit Jantung Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(10):4701–4707.

Sagita Moniaga, C., Noviantri, J. S., Yogie, G. S., Firmansyah, Y., and Hendsun, H. (2023). Kegiatan pengabdian masyarakat dalam edukasi penyakit dislipidemia. *Jurnal Kabar Masyarakat*, 1(2):20–30.

Salim, P. and Fakhriza, M. (2025). Pengembangan Aplikasi Evaluasi Pembelajaran Berbasis Web Pada Mata Kuliah SPK Dengan Metode Linier Congruential Generator. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1):364–376.

Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3):1–21.

Saroinsong, L., Jim, E. L., and Rampengan, S. H. (2021). Diagnosis dan Tatalaksana Terkini Gagal Jantung Akut. *e-CliniC*, 9(1):60–67.

Seno Aji, B. A., Setiawan, Y., and Anggraini, S. D. (2025). Analisis Perbandingan Algoritma Decision Tree, Random Forest, dan XGBoost untuk Klasifikasi Penyakit Infeksi Gigi dan Mulut. *INTEGER: Journal of Information Technology*, 10(1):135–148.

Shenouda, N., Stock, J. M., Chouramanis, N. V., Lincoln, Z. R., Wenner, M. M., Chirinos, J. A., and Edwards, D. G. (2025). Favorable Alterations in Ventricular-arterial Interactions Across the Menstrual Cycle in Healthy Premenopausal Women. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 328(3):H648–H657.

Siringoringo, R., Perangin Angin, R., and Rumahorbo, B. (2022). Model Klasifikasi Genetic-Xgboost Dengan T-Distributed Stochastic Neighbor Embedding Pada Peramalan Pasar. *Jurnal TIMES*, 11(1):30–36.

- Sivakumar, M., Parthasarathy, S., and Padmapriya, T. (2024). Trade-off between Training and Testing Ratio in Machine Learning for Medical Image Processing. *PeerJ Computer Science*, 10:1–17.
- Srinivas, J. and D, V. L. (2020). Comparison of Three Estimators through Simulation Technique. *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, 66(5):167–175.
- Sunarya, U. and Haryanti, T. (2022). Perbandingan Kinerja Algoritma Optimasi pada Metode Random Forest untuk Deteksi Kegagalan Jantung. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 18(4):241–247.
- Supandi, E. D. (2020). *Statistika dan Terapannya*. Refika.
- Tarwidi, D., Pudjaprasetya, S. R., Adytia, D., and Apri, M. (2023). An Optimized XGBoost-based Machine Learning Method for Predicting Wave Run-up on a Sloping Beach. *MethodsX*, 10(December 2022):102119.
- Trivusi (2022). Struktur data tree: Pengertian, jenis, dan kegunaannya. <https://www.trivusi.web.id/2022/07/struktur-data-tree.html>. Accessed: 2025-12-11.
- Tuminah, S., Indrawati, L., Riyadina, W., Wurisastuti, T., Letelay, A. M., Sitorus, N., Putri, A. S., Isfandari, S., and Irmansyah, I. (2024). Number of Comorbidities and the Risk of Delay in Seeking Treatment for Coronary Heart Disease: a Longitudinal Study in Bogor City, Indonesia. *Osong Public Health and Research Perspectives*, 15(3):201–211.
- Ubaidillah, R., Muliadi, Nugrahadi, D. T., Faisal, M. R., and Herteno, R. (2022). Implementasi XGBoost Pada Keseimbangan Liver Patient Dataset dengan SMOTE dan Hyperparameter Tuning Bayesian Search. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6(3):1723–1729.
- Wahyuningrum, R. T., Erfian, R., Kusumaningsih, A., and Tjahyaningtjas, H. P. A. (2025). Klasifikasi Penyakit Daun Jagung Menggunakan Model Deep Learning EfficientNetB5. *Jurnal Pekommas*, 10(1):1–8.

- Wijiyanto, Pradana, A. I., Sopingi, and Atina, V. (2024). Teknik K-Fold Cross Validation untuk Mengevaluasi Kinerja Mahasiswa. *Jurnal Algoritma*, 21(1):239–248.
- World Health Organization (2025). Cardiovascular diseases (cvds). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). Accessed: 2025-11-15.
- Wu, P., Yu, S., Wang, J., Zou, S., Yao, D. S., and Xiaochen, Y. (2023). Global Burden, Trends, and Inequalities of Ischemic Heart Disease among Young Adults from 1990 to 2019: a Population-Based Study. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10(November):1–7.
- Yang, L., Bo, Z., and Gong, Y. (2025). Global, Regional, and National Burden of Pancreatic Cancer from 1990 to 2021, its Attributable Risk Factors, and Projections to 2050: a Systematic Analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *BMC Cancer*, 25(625):1–15.
- Yanti, J., Wicaksana, A. L., and Sunaryo, E. Y. A. B. (2020). Kualitas Hidup Pasien dengan Penyakit Ka. *Jurnal Kesehatan*, 13(1):1.
- Zafyre (2024). Membangun kompetensi dalam pengkajian pasien: Panduan untuk perawat di indonesia. Accessed: 2025-11-15.
- Zebua, T. (2025). Implementasi Permuted Congruential Generator pada Proses Pembangkitan Kunci Algoritma One Time Pad. *KETIK : Jurnal Informatika*, 02(05):41–46.
- Zikri, R., Sunyoto, A., and Yaqin, A. (2025). Optimasi Hyperparameter Grid Search dan Random Search pada Inception V3 untuk Kematangan Buah Kelapa Sawit. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(4):3043–3053.
- Zou, M., Jiang, W. G., Qin, Q. H., Liu, Y. C., and Li, M. L. (2022). Optimized XGBoost Model with Small Dataset for Predicting Relative Density of Ti-6Al-4V Parts Manufactured by Selective Laser Melting. *Materials*, 15(15).