

DETEKSI PENYAKIT KARDIOVASKULAR PADA ISYARAT EKG BERBASIS *DEEP LEARNING*

Tutut Riana Hapsari¹, Lestari Sukmarini², Tuti Herawati³
Universitas Indonesia^{1,2,3}
tutut.riana21@ui.ac.id¹

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk meninjau penelitian-penelitian terkait metode CNN dalam melakukan prediksi penyakit kardiovaskular sehingga dapat menjelaskan perbandingan hasil antar penelitian CNN untuk mendeteksi penyakit kardiovaskular yang dilakukan. Metode penelitian yang digunakan adalah literature review. Hasil studi menunjukkan penggunaan metode CNN untuk mendeteksi penyakit kardiovaskular memiliki hasil yang sangat baik, dengan persentase akurasi tertinggi mencapai 99.79%, persentase F1-score tertinggi mencapai 99.78%, persentase spesifisitas tertinggi mencapai 98.35%, dan sensitivitas tertinggi mencapai 99.71%. Simpulan, bahwa metode CNN ini dapat diimplementasikan menjadi sistem penunjang keputusan klinis yang dapat digunakan oleh tenaga kesehatan seperti dokter dan perawat dalam mengkaji kesehatan pasien. Untuk mengungguli penelitian yang sudah ada, penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan model arsitektur CNN yang diusulkan dengan menggunakan *database* yang digunakan.

Kata Kunci: *Convolutional Neural Network*, Elektrokardiogram, Deteksi Penyakit Kardiovaskuler

ABSTRACT

The purpose of this study is to review studies related to the CNN method in predicting cardiovascular disease so that it can explain the comparison of results between the CNN studies to detect cardiovascular disease that have been conducted. The research method used is a literature review. The results of the study show that the use of the CNN method to detect cardiovascular disease has excellent results, with the highest percentage of accuracy reaching 99.79%, the highest percentage of F1-score achieving 99.78%, the highest percentage of specificity achieving 98.35%, and the highest sensitivity reaching 99.71%. In conclusion, the CNN method can be implemented into a clinical decision support system that health workers such as doctors and nurses can use to assess patient health. Further research must consider the proposed CNN architectural model using the database to outperform existing research.

Keywords: Convolutional Neural Network, Electrocardiogram, Detection of Cardiovascular Disease

PENDAHULUAN

Penyakit kardiovaskular adalah penyebab kematian tertinggi nomor satu di dunia. Dikutip dari World Health Organization (2021) penyakit ini menjadi penyebab kematian sebanyak 17,9 juta jiwa setiap tahunnya. Dilihat dari transisi epidemiologi kardiovaskular, terjadi penurunan tren penyakit jantung rematik serta defisiensi nutrisi pada masyarakat di negara maju, tetapi sebaliknya pada masyarakat di negara berkembang tidak terjadi peningkatan. Hal ini dapat terjadi karena adanya pengaruh dari peningkatan harapan hidup serta perubahan gaya hidup. Transisi ini dapat berkembang seiring dengan perkembangan sosial-ekonomi pada suatu negara. (Namara et al., 2019)

Indonesia menjadi salah satu dari negara berkembang dengan angka resiko kardiovaskular yang tinggi. Sebanyak 30% orang dewasa di Kabupaten Malang, Indonesia dengan usia lebih dari 40 tahun mengalami penyakit kardiovaskular dan hanya 24% saja yang menerima pengobatan (Maharani et al., 2019). Prevalensi risiko penyakit kardiovaskular ditemukan paling tinggi terjadi di masyarakat desa-perkotaan dan paling rendah terjadi di masyarakat pedesaan. Prevalensi risiko penyakit kardiovaskular dapat turun dengan melakukan deteksi dini secara tepat dan akurat sehingga angka kematian juga ikut menurun.

Elektrokardiogram (EKG) adalah alat diagnostik non-invasif untuk melihat fungsi otot dan listrik jantung dengan memberikan informasi diagnosis kesehatan jantung (Tahboub & Yilmaz, 2019). Bentuk isyarat dari sinyal EKG memiliki beberapa macam variasi gelombang, seperti inkonsistensi gelombang dan penurunan maupun peningkatan amplitudo (Fikri et al., 2021). Informasi yang diperoleh dari monitor EKG digunakan untuk mengetahui bagaimana irama jantung manusia.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah metode *deep neural network* yang banyak digunakan dalam upaya peningkatan akurasi dan klasifikasi dengan ukuran database besar. Metode ini dikenal sebagai metode *deep neural network* dengan akurasi yang cukup tinggi. CNN bekerja dengan melakukan ekstraksi fitur, *preprocessing*, dan prediksi dari data mentah pada jaringannya sendiri secara otomatis sehingga angka akurasinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode konvensional lainnya (Kusuma & Udayan, 2020).

Pada pemeriksaan ini, dokter dibantu dengan perawat memantau serta mengambil keputusan klinis berdasarkan output dari EKG. Ketidakefisienan dapat terjadi selama pemeriksaan akibat dari kerusakan alat, kurangnya keterampilan dasar resusitasi perawat, maupun perbedaan interpretasi oleh dokter yang berbeda. Interpretasi EKG adalah keterampilan penting untuk tenaga kesehatan yang berada di garis depan termasuk perawat dan dokter terutama yang bekerja pada area kegawatandaruratan dan akut. Keakuratan interpretasi EKG menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam mengambil keputusan klinis yang mengacu kepada intervensi dan pengobatan jantung yang tepat (Penalo et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendukung keputusan klinis berupa sistem yang dapat memprediksi penyakit kardiovaskular yang akurat. Berbagai penelitian telah membuktikan penerapan model-model CNN yang dianggap dapat memenuhi permintaan sistem atau alat untuk mendeteksi penyakit kardiovaskular. Studi ini akan meninjau penelitian-penelitian terkait menggunakan metode CNN dalam melakukan prediksi penyakit kardiovaskular.

METODE PENELITIAN

Kajian literatur ini dibuat dengan menggunakan telaah jurnal untuk mendeskripsikan literatur yang dipilih untuk dikaji. Literatur memuat topik *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi penyakit kardiovaskular dengan masukan isyarat EKG.

Kriteria Kelayakan

Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif digunakan dalam penentuan kriteria kelayakan hasil temuan penelitian pada literatur, yaitu terdapat dataset yang jelas, penjelasan *preprocessing* yang runtut, ekstraksi fitur dan metode klasifikasi, serta hasil yang jelas.

Strategi Pencarian

Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik, seperti "*Convolutional Neural Network*", "ECG", dan "*Cardiovascular Disease Prediction*".

Adapun kriteria inklusi yang digunakan adalah : 1. *Full text only* 2. Berbahasa Inggris 3. Masa terbit jurnal 5 tahun.

Seleksi Studi

Database yang digunakan terdiri dari IEEE *Xplore*, Springer, *ClinicalKey for Nursing*, dan *library* Universitas Indonesia. Literatur yang dikaji adalah literatur berbahasa Inggris. Pengumpulan artikel yang relevan didapatkan setelah menghilangkan beberapa penelitian serupa yang tidak relevan.

Sintesis Hasil

Kajian literatur ini dapat menjelaskan perbandingan hasil antar penelitian yang meneliti menggunakan *Convolutional Neural Network* untuk mendeteksi penyakit kardiovaskular.

HASIL PENELITIAN

Tabel. 1
Hasil perbandingan literatur

<i>Paper</i>	<i>Dataset</i>	<i>Preprocessing</i>	<i>Feature Extraction and Classification Method</i>	<i>Result</i>			
				<i>Accuracy</i>	<i>F1 Score</i>	<i>Specificity</i>	<i>Sensitivity</i>
(Sajja & Kumar, 2020)	UCI-ML Cleveland Dataset (303 kasus pasien)	Segmentasi	CNN, dengan 2 lapisan konvolusi, 2 lapisan <i>drop out</i> , dan 1 lapisan <i>output</i>	94.78%	-	-	-
(Avanzato & Beritelli, 2020)	PhysioNet (47 kasus pasien)	Transformasi wavelet	CNN, dengan 1D lapisan konvolusi, lapisan normalisasi	98.33%	98.3%	98.35%	98.33%

			<i>batch</i> , lapisan ReLU, lapisan <i>pooling</i> , dan <i>softmax</i>				
(Li et al., 2018)	MIT-BIH arrhythmia (47 kasus pasien)	ECG denoising, segmentasi, information fusion, one-hot encoding	CNN, dengan dari 2 lapisan konvolusi, 1 lapisan <i>pooling</i> , 1 lapisan <i>flattening</i> , dan 2 lapisan <i>fully connected</i> , 3 lapisan <i>Maxpooling</i> , 8 lapisan ReLU	Eksperimen 1: 97%; Eksperimen 2: 99.1%	-	-	4.3% lebih baik daripada algoritma yang ada
(Abubaker & Babayigit, 2022)	UCI Cleveland heart disease dataset (928 kasus pasien)	Augementasi data, segmentasi	CNN, dengan 2D lapisan konvolusi, lapisan <i>pooling</i> , dan lapisan <i>fully connected</i>	99.79%	99.7%	-	-
(Pan et al., 2020)	UCI repository dataset	Tidak melakukan preprocessing karena data yang diuji sudah bersih (tidak ada nilai yang hilang, <i>regular scalar</i> , atau skala MinMax)	CNN, dengan lapisan normalisasi <i>batch</i> dan <i>Multi-Layer Perceptron</i> (MLP)	93.51%	-	94.9%	97.51%
(Vengurlekar et al., 2020)	Cleveland dataset (303 kasus pasien)	Segmentasi	CNN, dengan 1D lapisan konvolusi, lapisan ReLU, lapisan <i>Maxpooling</i> , dan Adam optimizer	75.2%	-	-	-
(Mehmood et al., 2020)	UCI repository dataset	Preparasi data	CNN, dengan lapisan konvolusi, lapisan <i>pooling</i> , lapisan ReLU, dan lapisan <i>fully connected</i>	97%	96.7%	-	-
(Huang et al., 2019)	MIT-BIH arrhythmia database	STFT (Transformasi Fourier)	CNN, dengan 2D lapisan konvolusi	99%	-	-	-

		Waktu Singkat)					
(Banerjee et al., 2020)	MIMIC II waveform dataset	Analisis histogram	CNN dan LTSM	93%	-	Test set D1: 92%; Test set D2: 85%	Test set D1: 94%; Test set D2: 90%
(Hasan & Bhattacharjee, 2019)	MIT-BIH (48 rekaman), St.-Petersberg (75 rekaman), PTB databases (549 rekaman)	Segmentasi	CNN, dengan 1D lapisan konvolusi, lapisan <i>fully connected</i> , lapisan <i>pooling</i> , lapisan normalisasi <i>batch</i> , dan <i>softmax</i>	97.70%	-	98.24%	99.71%

Berdasarkan hasil penelitian pada literatur-literatur yang dikaji, didapatkan hasil seperti pada tabel 1. Tabel 1 terdiri dari informasi dataset tiap literatur yang dikaji, *preprocessing* yang dilakukan, ekstraksi fitur dan metode klasifikasi yang digunakan, serta hasil dari *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah matriks yang merepresentasikan hasil dari model terlatih, yaitu akurasi, F1-score, spesifisitas, dan sensitivitas.

Hasil penelitian pada tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan metode CNN dalam mendeteksi penyakit kardiovaskular memiliki hasil yang sangat baik dengan persentase akurasi tertinggi mencapai 99.79%, persentase F1-score tertinggi mencapai 99.78%, persentase spesifisitas tertinggi mencapai 98.35%, dan sensitivitas tertinggi mencapai 99.71%. Persentase ini menandakan bahwa penggunaan sistem dengan metode CNN dapat diimplementasikan menjadi sistem penunjang keputusan klinis.

PEMBAHASAN

Pada dasarnya, setiap penelitian dari literatur-literatur yang dikaji melewati proses *preprocessing data* terlebih dahulu. Data yang ada di distribusi ke dalam kelas tertentu sesuai dengan kelas-kelas identifikasi dari penyakit kardiovaskular. Kemudian, data yang sudah di distribusi disamakan nilai skalanya sehingga dapat menurunkan kemungkinan adanya bias pada data yang diolah. Setelah melewati tahap *preprocessing data*, data yang sebelumnya sudah diproses menjadi masukan untuk tahap *processing data*. Pada tahap ini, dataset dibagi menjadi data untuk tahap pelatihan dan pengujian. Tahap pelatihan diperlukan agar model memiliki memori terhadap data yang sudah dilatih setiap iterasinya. Dataset yang menjadi data pelatihan akan dilatih secara bergantian pada tiap variabel kelas yang sudah ditentukan sebelumnya. Kemudian, dataset yang menjadi data pengujian menjadi sampel yang akan diuji untuk melihat akurasi.

Akurasi yang didapat dari klasifikasi penyakit kardiovaskular dengan metode CNN memiliki akurasi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena semua proses terjadi pada jaringannya sendiri secara otomatis. Seperti pada penelitian Kalluri & Krishna (2020); Abubaker & Babayigit (2022); Hasan & Bhattacharjee (2019) yang

menunjukkan bahwa model CNN memberikan hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan model konvensional lainnya. Penelitian Avanzato & Beritelli (2020) mengusulkan model CNN untuk mendeteksi serta mengevaluasi klasifikasi dalam beberapa kelas pada deteksi penyakit kardiovaskular dengan kompleksitas rendah. Penelitian Li et al., (2018) menggabungkan ritme detak jantung dan morfologi menjadi masukan berupa vektor 2 dimensi dengan algoritma ADADELTA untuk meningkatkan kecepatan konvergensi serta pembelajaran dari sistem. Model ini tercatat adanya peningkatan signifikan pada akurasi. Lain halnya dengan penelitian Pan et al., (2020) yang membuat model CNN dengan menggunakan perhitungan matematis serta fungsi distributif. Arsitektur CNN yang diusulkan adalah arsitektur sistem EDCNN Hasil dari eksperimen berupa ekstraksi *Region of Interest* (ROI) dari citra jantung.

Penelitian Huang et al., (2019) mengusulkan CNN 2D dengan hasil persentase akurasi yang lebih tinggi daripada model dengan konvolusi 1D. Hal ini dapat terjadi karena dataset yang digunakan rata-rata saat masih mentah masih dalam bentuk isyarat gambar. Selain itu, angka persentase juga dipengaruhi oleh tahap *preprocessing* serta lapisan *dropout* yang mempengaruhi kemungkinan adanya bias pada data sehingga untuk penelitian-penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan model arsitektur CNN yang diusulkan dengan *database* yang digunakan. Pada penelitian Banerjee et al., (2020) model yang diajukan adalah CNN-LSTM *Hybrid* yang menggabungkan morfologi anomali dari bentuk isyarat gelombang EKG serta variabilitas denyut jantung abnormal. Lain halnya dengan penelitian Mehmood et al., (2020) yang mengusulkan metode baru bernama CardioHelp sebagai sistem pendukung keputusan klinis untuk prediksi HP di tahap awal. Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa akurasi yang didapat dapat mengungguli dari pendekatan yang sudah ada.

Elektrokardiogram (EKG) sebagai modalitas pencitraan diagnostik ini pertama sangat diperlukan terutama pada area kegawatdaruratan dan berperan penting untuk mengevaluasi pasien dengan nyeri dada. Menurut *American College of Cardiology* dan *American Heart Association*, merekomendasikan agar EKG harus diperoleh dan ditafsirkan pada pasien dengan sindrom koroner akut yang jelas dalam waktu 10 menit setelah kedatangan di UGD. Oleh karena itu perawat yang berdinis di ruang gawat darurat memiliki posisi kunci untuk triase pasien dengan nyeri dada dan dapat menafsirkan EKG dengan akurat dan segera (Ho, 2021).

Ketika kondisi pasien memburuk, perawat yang telah tersertifikasi seringkali menjadi lini pertama yang memberikan pertolongan pada pasien. Pengetahuan dan kompetensi dalam mengidentifikasi, mengenali, melaporkan dan menanggapi tahap awal perburukan pasien. Dalam hal ini termasuk diantaranya menafsirkan dan menginterpretasikan Elektrokardiogram baik EKG *stripe* maupun EKG dengan 12 sandapan. Perawat terutama yang bekerja dalam area perawatan akut, harus memiliki pengetahuan dasar tentang interpretasi irama jantung dan keterampilan dalam memulai dan memfasilitasi intervensi yang tepat sebagai respons terhadap aritmia jantung yang teridentifikasi (Chen et al., 2020).

SIMPULAN

Isyarat EKG berbasis *deep learning* yang menggunakan metode *Convolutional Neural Network* terbukti memiliki hasil akurasi yang tinggi sehingga bisa menjadi alat atau sistem pendukung keputusan klinis dalam mendeteksi penyakit kardiovaskuler.

SARAN

Kepada perawat dan dokter dalam memberikan tindakan yang tepat bagi pasien Isyarat EKG berbasis *deep learning* yang menggunakan metode *Convolutional Neural Network* penyakit kardiovaskuler memiliki hasil akurasi yang tinggi sehingga bisa menjadi alat atau sistem pendukung keputusan klinis dalam mendeteksi penyakit kardiovaskuler. Selain itu juga akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam membuat perbedaan keputusan klinis yang mengacu pada intervensi dan pengobatan penyakit kardiovaskuler. Hal tersebut akan memudahkan perawat dan dokter.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubaker, M. B., & Babayiğit, B. (2022). Detection of Cardiovascular Diseases in ECG Images Using Machine Learning and Deep Learning Methods. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(1), 373-382, DOI: 10.1109/TAI.2022.3159505
- Avanzato, R., & Beritelli, F. (2020). Automatic ECG Diagnosis Using Convolutional Neural Network. *Electronics*, 9(6), 1-14. <https://doi.org/10.3390/electronics9060951>
- Banerjee, R., Ghose, A., & Mandana, D. K. M. (2020). A Hybrid CNN-LSTM Architecture for Detection of Coronary Artery Disease from ECG. *IEEE*, 1-8. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9207044>
- Chen, Y., Nasrawi, D., Massey, D., Johnston, A. N. B., Keller, K., & Kunst, E. (2021). Final-Year Nursing Students' Foundational Knowledge and Self-Assessed Confidence in Interpreting Cardiac Arrhythmias: A Cross-Sectional Study. *Nurse Education Today*, 97, 104699. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104699>
- Fikri, M. R., Soesanti, I., & Nugroho, H. A. (2021). ECG Signal Classification Review. *IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering)*, 5(1), 15-20. <https://jurnal.ugm.ac.id/ijitee/article/download/60295/31492>
- Hasan, N. I., & Bhattacharjee, A. (2019). Deep Learning Approach to Cardiovascular Disease Classification Employing Modified ECG Signal from Empirical Mode Decomposition. *Biomedical Signal Processing and Control*, 52, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.04.005>
- Ho, J. K., Yau, C. H., Wong, C. Y., & Tsui, J. S. (2021). Capability of Emergency Nurses for Electrocardiogram Interpretation. *International Emergency Nursing*, 54, 100953. <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2020.100953>
- Huang, J., Chen, B., Yao, B., & He, W. (2019). ECG Arrhythmia Classification Using STFT-Based Spectrograms and Neural Networks Convolutions. *IEEE*, 7. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8759878>
- Kalluri, H. K., & Krishna, S. T. (2020). A Deep Learning Method for Prediction of Cardiovascular Disease Using Convolutional Neural Network. *International Information and Engineering Technology Association*, 34(5), 601-606. <http://dx.doi.org/10.18280/ria.340510>
- Kusuma, S., & Udayan, J. D. (2020). Analysis on Deep Learning Methods for ECG Based Cardiovascular Disease Prediction. *Scalable Computing*, 21(1), 127-136. <https://doi.org/10.12694/scpe.v21i1.1640>

- Li, J., Si, Y., Xu, T., & Jiang, S. (2018). Deep Convolutional Neural Network Based ECG Classification System Using Information Fusion and One-Hot Encoding Techniques. *Hindawi*, 2018, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2018/7354081>
- Maharani, A., Sujarwoto, S., 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(4), e0215219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215219>
- Mehmood, A., Iqbal, M., Mehmood, Z., Irtaza, A., Nawaz, M., Nazir, T., & Masood, M. (2020). Prediction of Heart Disease Using Deep Convolutional Neural Networks. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46, 3409–3422. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05105-1>
- Namara, K. M., Alzubaidi, H., & Jackson, J. K. (2019). Cardiovascular Disease as a Leading Cause of Death: How Are Pharmacists Getting Involved?. *Integrated Pharmacy Research & Practice*, 8, 1–11. <https://doi.org/10.2147/IPRP.S133088>
- Pan, Y., Fu, M., Cheng, B., Tao, X., & Guo, J. (2020). Enhanced Deep Learning Assisted Convolutional Neural Network for Heart Disease Prediction on the Internet of Medical Things Platform. *IEEE*, 8, 189503-189512. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3026214
- Penalo, L., Pusic, M., Friedman, J. L., Rosenzweig, B. P., & Lorin, J. D. (2021). Importance Ranking of Electrocardiogram Rhythms: A Primer for Curriculum Development. *Journal of Emergency Nursing*, 47(2), 313–320. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2020.11.005>
- Tahboub, O. Y., & Yilmaz, Ü. D. (2019). Nurses' Knowledge and Practices of Electrocardiogram Interpretation. *International Cardiovascular Research Journal*, 13(3), 80-84. <https://brieflands.com/articles/ircrj-91025.html>
- World Health Organization. (2021). *Cardiovascular Diseases*. WHO. https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1