

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jantung merupakan organ vital yang berperan penting dalam mempertahankan kehidupan, sehingga gangguan kardiovaskular dapat berdampak serius hingga kematian [1]. *World Health Organization* melaporkan bahwa penyakit jantung merupakan penyebab kematian tertinggi di dunia dengan 17,9 juta kematian per tahun, sehingga deteksi dini sangat penting [2]. Metode konvensional seperti *Electrocardiogram* (ECG), *Phonocardiogram* (PCG), dan stetoskop digital memiliki keterbatasan aksesibilitas, biaya, dan pemantauan berkelanjutan [3]. Perkembangan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan kesehatan berbasis sensor secara *real-time* dan kontinu [4]. Selain itu, pengembangan sensor berbasis teknologi akustik menunjukkan potensi besar dalam sistem monitoring modern [5].

Seiring kemajuan IoT, sinyal otak atau EEG dikembangkan sebagai pendekatan alternatif dalam monitoring kardiovaskular untuk menganalisis hubungan aktivitas neural, stres, dan kesehatan jantung [6]. Sensor EEG *ear-centric wearable* yang dikombinasikan dengan *physics-informed neural networks* pada *edge device* terbukti efisien dalam mendeteksi kondisi mental negatif [7]. Algoritma *machine learning* dan *deep learning* berbasis EEG dan sinyal jantung memiliki akurasi tinggi dalam deteksi stres sebagai faktor risiko penyakit jantung [8]. IoT meningkatkan diagnosis dini melalui *autoencoder* untuk deteksi anomali ECG [9].

Pendekatan multimodal yang mengombinasikan EEG dan sinyal jantung menunjukkan keunggulan dalam pemantauan kardiovaskular [7]. Kombinasi biomarker EEG dan sinyal jantung menghasilkan korelasi kuat terhadap stres kardiovaskular [6]. Penerapan EEG dalam IoT juga digunakan pada konteks klinis, termasuk pemantauan selama operasi jantung [10]. Selain itu, sistem *wearable* dan *federated learning* mendukung pemantauan jarak jauh yang aman tanpa menurunkan akurasi diagnosis [11]. Integrasi EEG, ECG, dan kecerdasan buatan

berpotensi memperkuat pengembangan *smart healthcare*, meskipun tantangan teknis masih memerlukan penelitian lanjutan [12].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang ditemukan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana keterbatasan metode konvensional seperti ECG, PCG, dan stetoskop digital dalam pemantauan jantung berkelanjutan dan deteksi dini penyakit jantung?
2. Bagaimana teknologi IoT meningkatkan efektivitas pemantauan kardiovaskular secara *real-time* dan kontinu tanpa bergantung pada fasilitas medis?
3. Bagaimana peran sinyal EEG dalam menganalisis hubungan aktivitas neural, stres, dan kesehatan jantung pada sistem *monitoring* berbasis IoT?
4. Sejauh mana integrasi kecerdasan buatan (*machine learning* dan *deep learning*) pada IoT berbasis EEG dan ECG meningkatkan akurasi deteksi dini anomali jantung?
5. Apa tantangan utama pengembangan sistem *monitoring* berbasis IoT terkait stabilitas sinyal, efisiensi energi, dan keamanan data medis?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian bertujuan:

1. Menganalisis metode pemantauan kardiovaskular konvensional dalam mendukung deteksi dini dan pemantauan kondisi jantung secara berkelanjutan.
2. Mengkaji penerapan teknologi IoT dalam sistem pemantauan jantung berbasis sensor untuk *monitoring* fisiologis pasien secara *real-time* dan kontinu.
3. Mengetahui peran sinyal EEG dalam menganalisis hubungan antara aktivitas neural, tingkat stres, dan kondisi kesehatan jantung pada sistem *monitoring* kardiovaskular.
4. Mengevaluasi efektivitas integrasi kecerdasan buatan (*machine learning* dan *deep learning*) dalam meningkatkan akurasi deteksi dini anomali kardiovaskular berbasis sinyal EEG dan ECG.
5. Mengidentifikasi tantangan dan peluang pengembangan sistem *monitoring* kardiovaskular berbasis IoT, khususnya terkait stabilitas sinyal, efisiensi energi, dan keamanan data medis.

1.3.2 Manfaat

Penelitian memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai integrasi sinyal EEG dalam sistem IoT untuk pemantauan dan diagnosis dini penyakit jantung. Hasil dapat menjadi referensi akademik bagi penelitian lanjutan di bidang *smart healthcare* dan biosinyal.
2. Kajian dapat menjadi acuan bagi pengembang teknologi dan institusi kesehatan dalam merancang sistem *wearable* IoT yang mampu melakukan deteksi dini gangguan jantung secara *real-time* dan non-invasif, serta mendorong inovasi penerapan AI dan 5G dalam sistem medis.

1.3.3 Batasan Masalah

Pada penelitian terdapat sejumlah batasan masalah yang ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup dan memfokuskan arah pembahasan. Batasan masalah yang akan dihadapi dan dibahas sebagai berikut:

1. Penelitian berfokus pada pemanfaatan sinyal EEG dalam sistem IoT untuk tujuan *monitoring* dan diagnosis dini penyakit jantung, tanpa aspek terapi atau pengobatan.
2. Kajian difokuskan pada literatur ilmiah terpublikasi seperti jurnal, prosiding, dan artikel penelitian dari sumber terpercaya (*ResearchGate*, *MDPI*, *Semantic Scholar*, dan *IEEE Xplore*) dalam kurun waktu 2024–2026.
3. Penelitian hanya meninjau integrasi EEG dengan sinyal fisiologis lain seperti
4. ECG, SpO₂, dan detak jantung dalam konteks sistem *wearable* atau *smart healthcare*, tanpa membahas sinyal neurologis non-kardiovaskular.
5. Analisis dibatasi pada aspek teknis dan konseptual yang berkaitan dengan arsitektur sistem, metode akuisisi data, serta potensi diagnosis dini; tidak mencakup pengujian klinis atau uji implementasi lapangan.
6. Studi menggunakan pendekatan SLR sehingga data dan hasil yang disajikan berasal sepenuhnya dari sintesis literatur yang relevan, bukan dari eksperimen langsung.

1.3.4 Keterbaruan

Keterbaruan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.1. Pada Tabel 1.1 menunjukkan sebanyak 10 penelitian terdahulu yang membahas tentang Systematic Literature Review: Pemanfaatan Sinyal EEG dalam Sistem IoT untuk Monitoring dan Diagnosis Dini Penyakit Jantung.

Tabel 1. 1 Tabel Keterbaruan Penelitian

No.	Penelitian Terdahulu	Keterbaruan
1.	Manisha et al. (2025) membahas tinjauan komprehensif mengenai penyakit kardiovaskular, faktor risiko, serta perkembangan metode penanganannya [1].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem IoT dan kecerdasan buatan untuk deteksi dini penyakit jantung secara real-time, tidak hanya membahas faktor risiko dan manajemen penyakit secara umum.
2.	Altintas et al. (2024) meneliti deteksi penyakit kardiovaskular menggunakan teknik biosensor untuk meningkatkan akurasi diagnosis [2].	Penelitian ini menawarkan integrasi biosensor dengan teknologi IoT dan deep learning sehingga proses pemantauan pasien dapat dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan.
3.	Sadad et al. (2023) mengembangkan klasifikasi citra ECG menggunakan lightweight CNN dengan attention module berbasis IoT [3].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada penggabungan analisis ECG berbasis AI dengan sistem monitoring kesehatan pintar untuk mendukung deteksi penyakit jantung secara lebih cepat dan efisien.
4.	Nancy et al. (2022) mengembangkan sistem smart healthcare berbasis IoT-cloud untuk prediksi penyakit jantung menggunakan deep learning [4].	Penelitian ini memperluas konsep tersebut dengan menambahkan pemrosesan data real-time dan optimasi keamanan data pasien pada lingkungan IoT.
5.	Devkota et al. (2024) mengembangkan sensor korosi berbasis Surface Acoustic Wave untuk monitoring infrastruktur [5].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan konsep sensor cerdas untuk monitoring kesehatan jantung berbasis IoT dengan fokus pada akurasi data fisiologis pasien.
6.	Demareva (2025) menganalisis biomarker stres menggunakan sinyal suara dan sinyal jantung [6].	Penelitian ini mengintegrasikan analisis sinyal jantung dengan sistem deteksi dini penyakit kardiovaskular berbasis AI dan IoT secara real-time.
7.	Mai et al. (2025) mengembangkan wearable physiological sensing berbasis edge AI untuk mendeteksi kondisi mental negatif [7].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan wearable IoT untuk monitoring kesehatan jantung

No.	Penelitian Terdahulu	Keterbaruan
		secara berkelanjutan dengan dukungan deep learning.
8.	Bensenane et al. (2022) mengembangkan sistem diagnosis penyakit kardiovaskular berbasis deep learning [8].	Penelitian ini menambahkan integrasi IoT sehingga proses pengumpulan dan pengiriman data pasien dapat dilakukan secara otomatis dan real-time.
9.	Rathi et al. (2025) menerapkan autoencoder untuk mendeteksi anomali pada sinyal ECG [9].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring ECG berbasis IoT yang mampu memberikan notifikasi dini terhadap kelainan detak jantung.
10.	Jenni et al. (2025) memperkenalkan strategi perfusi ekstrakorporeal yang dioptimalkan untuk mendukung penanganan pasien kardiovaskular [10].	Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring kesehatan jantung berbasis teknologi digital dan AI untuk meningkatkan efektivitas pemantauan pasien.
11.	Umer et al. (2023) mengembangkan sistem monitoring pasien gagal jantung berbasis IoT untuk pemantauan jarak jauh [11].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi prediksi kondisi pasien secara real-time.
12.	Lak (2021) membahas perkembangan kecerdasan buatan dalam diagnosis dan deteksi gagal jantung [12].	Penelitian ini menerapkan AI secara langsung pada sistem IoT kesehatan sehingga mampu melakukan monitoring otomatis terhadap kondisi jantung pasien.
13.	Macwan et al. (2026) mengembangkan solusi smart healthcare untuk prediksi penyakit jantung menggunakan IoT dan machine learning [13].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada penggunaan model AI yang lebih ringan dan efisien sehingga dapat diterapkan pada perangkat IoT dengan sumber daya terbatas.
14.	Elhadad et al. (2022) menerapkan fog computing pada sistem healthcare monitoring untuk notifikasi real-time [14].	Penelitian ini menambahkan integrasi deep learning pada arsitektur IoT-fog sehingga analisis data jantung dapat dilakukan lebih cepat dan responsif.
15.	Siddiqui (2025) mengembangkan sistem monitoring detak jantung ECG berbasis AI secara real-time [15].	Keterbaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring terintegrasi berbasis IoT yang mampu melakukan analisis dan pengiriman data kesehatan secara otomatis.